



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

**AYSLAN TRINDADE LIMA**

**Memória hídrica de sementes: implicações ecofisiológicas durante a  
germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga**

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2019

AYSLAN TRINDADE LIMA

**Memória hídrica de sementes: implicações ecofisiológicas durante a  
germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado.

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237d

Lima, Ayslan Trindade

Memória hídrica de sementes : implicações ecofisiológicas durante a germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga / Ayslan Trindade Lima ; orientador Marcos Vinicius Meiado. – São Cristóvão, 2019.

98 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação)– Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Ecologia - Conservação. 2. Sementes – Déficit hídrico. 3. Sementes – Hidratação e desidratação. 4. Semiárido. 5. Jurema-preta. 6. Canafistula. 7. Plântulas. I. Meiado, Marcos Vinicius, orient. II. Título

CDU: 574:631.53-01

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

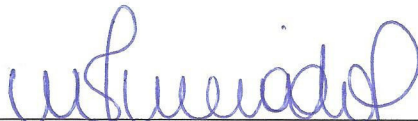
**Memória hídrica de sementes: implicações ecofisiológicas durante a germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga**

por

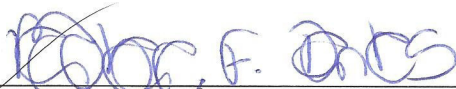
**AYSLAN TRINDADE LIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

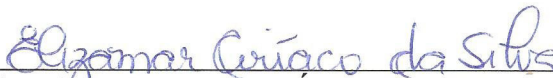
**APROVADA** pela banca examinadora composta por



**PROF. DR. MARCOS VINICIUS MEIADO**  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da  
Universidade Federal de Sergipe



**PROF.ª DR.ª BARBARA FRANÇA DANTAS**  
EMBRAPA



**PROF.ª DR.ª ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA**  
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, 05 de fevereiro de 2019

*A Marcos Vinicius Meiado*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carminha e Autran, que sempre me incentivam a seguir estudando mesmo sem compreender muito bem a complexidade do universo da pesquisa. Aos meus familiares, e usarei aqui a minha Tia Ia que sempre está ao meu lado, como representante de todos eles. São pessoas maravilhosas e quero ter sempre por perto!

Também quero agradecer a Marcos, por estar sempre ao meu lado, me incentivando a evoluir como profissional e como ser humano, fora da Universidade, muito obrigado!

Falando em Universidade, não poderia deixar de agradecer à minha turma do mestrado. Foi ótimo dividir essa jornada com vocês e perceber como sempre cuidamos um do outro, com muita energia boa e paciência.

Aos meus amigos de risos, cervejas geladas (às vezes, nem tanto), conversas filosóficas ou inúteis, choradeiras, enrascadas, incentivos e vitórias pessoais e profissionais. Vocês fazem parte de um círculo de amizade que todo mundo deveria ter por perto, pois transbordam boas energias. Todos são especiais e sempre deixo isso claro, né?! Representarei vocês aqui, no fim desse capítulo da história da minha caminhada, com meus irmãos de longa data, Júnior e Anna. Obrigado!

Por fim, agradeço à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe, pela concessão da bolsa. Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco pelas doações das sementes utilizadas neste estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento do projeto “*Memória hídrica de sementes como nova alternativa para a restauração de ambientes degradados na Caatinga*” (MCTI/CNPQ/Universal 14/2014).

*“When you become the image of your own imagination,  
it's the most powerful thing you could ever do”*

(RuPaul)

## RESUMO

Memória hídrica de sementes é a habilidade que as sementes apresentam em reter alterações fisiológicas ocasionadas pela hidratação descontínua durante o processo de embebição, podendo promover benefícios em parâmetros germinativos e de desenvolvimento inicial, como aquisição de tolerância ao déficit hídrico e produção de plântulas mais vigorosas. Este estudo visou compreender os efeitos dos ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD) durante a embebição sobre a germinação de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) em condições de déficit hídrico e sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae). Assim, esta dissertação foi dividida em dois capítulos em formato de artigo científico. O primeiro avaliou os efeitos dos ciclos de HD na germinação de sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* submetidas às condições de déficit hídrico. Neste capítulo, as sementes passaram por ciclos de HD (0, 1, 2 e 3 ciclos) correspondentes aos tempos X (6 horas), Y (16 horas) e Z (24 horas) de hidratação, determinados a partir da curva de embebição, com 5 horas de desidratação e postas para germinar em condições de estresse hídrico. A germinação foi avaliada nos potenciais 0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa, obtidos com a utilização da solução de polietileno glicol 6000. Foram calculados a germinabilidade (%), tempo médio de germinação (dias) e tempo hídrico (MPa.d<sup>-1</sup>). Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* são sensíveis aos baixos potenciais hídricos, porém, quando submetidas aos ciclos de HD no tempo Y (16 horas), há um aumento na tolerância às condições de déficit hídrico. Além disso, os benefícios observados nos parâmetros germinativos mostraram que *S. spectabilis* var. *excelsa* apresenta memória hídrica de sementes. O segundo capítulo objetivou avaliar o efeito dos ciclos de HD na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de *M. tenuiflora*, avaliando a



hipótese de que sementes que passam pelos ciclos de HD produzem plântulas maiores e com maior acumulação de biomassa. Sementes de *M. tenuiflora* foram submetidas a 0, 1, 2 e 3 ciclos de HD. Foram avaliados parâmetros germinativos e de desenvolvimento inicial. Apesar da germinabilidade das sementes não ter sido alterada entre os tratamentos, sementes de *M. tenuiflora* que foram submetidas aos ciclos de HD germinaram em um menor espaço de tempo. Além disso, plântulas produzidas a partir de sementes que foram submetidas aos ciclos de HD apresentaram maior comprimento da parte aérea, maior diâmetro do caule e maiores valores de massa seca de folhas, caule e raízes. Os ciclos de HD proporcionaram o fenômeno da memória hídrica nas sementes estudadas, o qual pode apresentar implicações ecológicas, uma vez que sementes que foram submetidas à hidratação descontínua durante o processo de embebição produziram plântulas mais vigorosas e sementes mais tolerantes ao déficit hídrico.

**Palavras-chave:** ciclos de hidratação e desidratação, déficit hídrico, semiárido, plântulas, jurema-preta, canafístula.

## ABSTRACT

Seed hydration memory is the ability of seeds to retain physiological changes caused by discontinuous hydration during seed imbibition process, which may promote benefits in germinative and initial development parameters, such as acquisition of water deficit tolerance and production of more vigorous seedlings. This study aimed to evaluate the effects of hydration and dehydration cycles (HD cycles) during imbibition on seed germination of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) under conditions of water deficit and on initial development of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae). Thus, this dissertation was divided into two chapters in scientific article format, where the first one evaluated the effects of HD cycles on seed germination of *S. spectabilis* var. *excelsa* submitted to the conditions of water deficit. In this chapter, seeds underwent HD cycles (0, 1, 2 and 3 cycles) corresponding to the hydration times X (6 hours), Y (16 hours) and Z (24 hours), determined from the imbibition curve, with 5 hours of dehydration and submitted to water stress conditions. Germination was evaluated at 0.0, -0.1, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa, obtained with polyethylene glycol 6000 solution. Germinability (%), mean germination time (days) and hydrotime (MPa d-1) were calculated. The seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* are sensitive to the low osmotic potentials tested in this study, however, when submitted to the HD cycles of 16 hours hydration (time Y), the tolerance to water stress conditions is increased. In addition, the observed benefits on the evaluated germination parameters show that *S. spectabilis* var. *excelsa* present seed hydration memory. The second chapter aimed to evaluate the effect of HD cycles on the germination and initial development of *M. tenuiflora* seedlings, evaluating the hypothesis that seeds which pass through HD produce larger seedlings with greater accumulation of biomass. Seeds of *M. tenuiflora* were submitted to 0, 1, 2 and 3 HD

cycles. We evaluated parameters of germination and initial seedling growth. Although seed germinability did not change, *M. tenuiflora* seeds that were submitted to HD cycles germinated in a shorter time than seeds with continuous hydration. In addition, seedlings produced from seeds that were submitted to HD cycles had longer stems, larger stem diameter and higher leaf, stem and root dry mass values. The HD cycles provided the seed hydration memory phenomenon, which may have ecological implications, since seeds that were submitted to discontinuous hydration during the imbibition process produced more vigorous seedlings and seeds more tolerant to the water deficit.

**Key-words:** hydration and dehydration cycles, water deficit, semiarid, seedlings, jurema-preta, canafístula.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.1.** (A) Curva de Embebição e (B) Curva de Desidratação de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae).....**65**

**Figura 1.2.** Germinabilidade (%) e taxa de germinação ( $1/t_{50}$ ) de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (0C, 1C, 2C e 3C, respectivamente) em diferentes tempos de hidratação (A e B - Tempo X: 6 horas, C e D - Tempo Y: 16 horas, E e F - Tempo Z: 24 horas) e foram submetidos a condições de déficit hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Nas figuras A, C e E os dados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras maiúsculas comparam ciclos diferentes com o mesmo potencial osmótico. Letras minúsculas comparam o mesmo ciclo em diferentes potenciais osmóticos.....**66**

**Figura 2.1.** Resultados dos parâmetros de desenvolvimento inicial avaliados em plântulas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae) produzidas a partir de sementes que foram submetidas a ciclos de hidratação e desidratação. Dez mudas foram avaliadas por tratamento após dois meses de desenvolvimento. a: Comprimento do caule. b: Comprimento da raiz. c: Diâmetro do caule. d: Peso seco das folhas. e: Peso seco do caule. f: Peso seco da raiz. Os dados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras maiúsculas comparam os resultados estatísticos em cada parâmetro.....**84**

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1.</b> Potencial osmótico base ( $\psi_b$ – MPa) e tempo hídrico para germinação ( $\theta_H$ – MPa d <sup>-1</sup> ) de sementes de <i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>excelsa</i> (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) que passaram por ciclos de hidratação e desidratação (0, 1, 2 e 3 ciclos) nos tempos X (6 horas), Y (16 horas) e Z (24 horas) e foram submetidos à água estresse.....	<b>67</b>
<b>Tabela 1.2.</b> Tempo médio de germinação (dias) das sementes de <i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. <i>excelsa</i> (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) submetidas a ciclos de hidratação e desidratação e submetidas ao déficit hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Dados expressos como média $\pm$ desvio padrão. Letras maiúsculas comparam ciclos diferentes com o mesmo potencial osmótico. Letras minúsculas comparam o mesmo ciclo em diferentes potenciais osmóticos.....	<b>68</b>

## SUMÁRIO

	Página
APRESENTAÇÃO.....	14
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
<i>a. As sementes das Angiospermas.....</i>	<i>15</i>
<i>b. O processo de formação e desenvolvimento das sementes.....</i>	<i>16</i>
<i>c. O processo de germinação das sementes.....</i>	<i>22</i>
<i>d. O processo de hidratação descontínua durante a embebição.....</i>	<i>27</i>
<i>e. Espécies estudadas .....</i>	<i>30</i>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
A HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DAS SEMENTES DE <i>SENNA</i>	45
<i>SPECTABILIS</i> (DC.) H.S. IRWIN & BARNEBY VAR. <i>EXCELSA</i>	
(SCHRAD.) H.S. IRWIN & BARNEBY (FABACEAE) CONFERE MAIOR	
TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO DURANTE A GERMINAÇÃO?	
<i>Resumo.....</i>	<i>47</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>48</i>
<i>Introdução.....</i>	<i>49</i>
<i>Material e Métodos.....</i>	<i>51</i>
<i>Resultados e Discussão.....</i>	<i>55</i>
<i>Conclusões.....</i>	<i>59</i>
<i>Referências.....</i>	<i>60</i>
EFEITO DOS CICLOS DE HIDRATAÇÃO E DESIDRATAÇÃO EM	70
SEMENTES DE <i>MIMOSA TENUIFLORA</i> DURANTE A GERMINAÇÃO E	
O DESENVOLVIMENTO INICIAL .....	
<i>Resumo.....</i>	<i>72</i>
<i>Abstract.....</i>	<i>73</i>
<i>Introdução.....</i>	<i>74</i>
<i>Material e Métodos.....</i>	<i>75</i>
<i>Resultados e Discussão.....</i>	<i>78</i>
<i>Conclusões.....</i>	<i>81</i>
<i>Referências.....</i>	<i>81</i>
ANEXOS.....	86

## APRESENTAÇÃO

Em ecossistemas áridos e semiáridos, a absorção de água pelas sementes durante o processo de embebição pode não ocorrer de maneira contínua, uma vez que esses ecossistemas apresentam curtos períodos de disponibilidade hídrica no meio, submetendo, assim, as sementes dispersas nesses locais a ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD). Dentre os ambientes com tais características se encontra a Caatinga, um ecossistema semiárido localizado, majoritariamente, na região Nordeste do Brasil, que é caracterizado por uma deficiência na disponibilidade de água durante grande parte do ano e uma irregularidade temporal na distribuição da precipitação. Nesses ecossistemas, o processo de hidratação descontínua durante a germinação pode trazer diferentes benefícios às sementes que germinam e se desenvolvem nesses ambientes, sendo este o principal tema que será abordado nesta dissertação. Esta dissertação visou compreender os efeitos dos ciclos de HD durante a embebição sobre a germinação de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) em condições de déficit hídrico e sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### *a. As sementes das Angiospermas*

A origem da flor durante o período Jurássico tardio e inicial da era Cretácea foi uma novidade evolutiva que alterou de maneira profunda a biota do planeta Terra (Chanderbali *et al.*, 2016; Friis *et al.*, 2017). A presença das flores e um ciclo de vida diferenciado garantiram aos organismos do filo Anthophyta, que são representados pelas angiospermas, a dominação de ecossistemas terrestres com uma extrema diversidade de características vegetativas e florais (Raven *et al.*, 2014).

As flores desempenham um papel fundamental durante a reprodução sexuada das angiospermas e apresentam variações em suas formas, cores, tamanhos, disposição e número de suas partes florais, de acordo com a espécie (Souza, 2009; Olson *et al.*, 2016). Essa diversidade em características florais e dos frutos resultantes do desenvolvimento das flores promoveram alterações coevolutivas com polinizadores e dispersores, além de efeitos em escalas mais amplas sobre outros organismos que interagem com as angiospermas como, por exemplo, os herbívoros (Chanderbali *et al.*, 2016). A estrutura da flor é composta de um eixo caulinar e folhas modificadas, podendo ser estéreis, auxiliando no processo de reprodução, protegendo os órgãos reprodutivos ou atraindo agentes polinizadores, como aves, insetos ou mamíferos; ou ser férteis, quando formam os órgãos sexuais masculino (androceu) e feminino (gineceu) (Popigini, 1985; Souza, 2009; Raven *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2016).

O zigoto se origina a partir da união dos gametas masculino, provenientes do grão de pólen, e feminino, presentes no óvulo, localizado no ovário. Posteriormente, o zigoto unicelular é submetido às sucessivas divisões mitóticas e origina o embrião. A parede do ovário, então, se desenvolve e origina o fruto, porém, alguns frutos podem



desenvolver-se sem a ocorrência de fecundação e sem a formação de sementes. Portanto, de modo geral, a semente é um óvulo maduro contendo um ou mais embriões (Barbedo e Marcos-Filho, 1998; Raven *et al.*, 2014; Alves *et al.*, 2016). Os frutos das angiospermas atuam como uma proteção extra dos embriões e apresentam mecanismos de dispersão eficientes e especializados, devido à diversidade de características morfológicas resultantes da sua evolução em relação aos agentes dispersores, aumentando as possibilidades e chances de colonização de novos habitats (Areces-Berazain e Ackerman, 2017).

A semente é formada pelo embrião e estruturas que o envolvem. Nas angiospermas, uma semente madura é constituída, basicamente, por um ou mais embriões, que têm o seu desenvolvimento a partir de um zigoto diploide formado pela fusão de um núcleo gamético com a oosfera; endosperma, cotilédone ou perisperma (tecidos de reserva); e tegumento ou testa, que protege o embrião, regula a absorção de oxigênio e água necessários durante o processo de germinação da semente e, além disso, também pode atuar na dispersão das sementes (Popigini, 1985; Boesewinkel e Bouman, 1995; Costa *et al.*, 2004; Souza, 2009; Raven *et al.*, 2014; Hove *et al.*, 2015).

Desse modo, as sementes das angiospermas, contendo o embrião com a capacidade de originar um novo indivíduo, são morfofisiologicamente estruturadas para o seu papel como unidades dispersoras, contendo reservas nutritivas para sustentar e possibilitar o desenvolvimento da plântula até o seu estabelecimento no ecossistema como um organismo autotrófico autossuficiente (Bewley, 1997; Baskin e Baskin, 2014).

#### ***b. O processo de formação e desenvolvimento das sementes***

Após a fecundação do óvulo se inicia o desenvolvimento da semente (Coll *et al.*, 2001). Durante o período de retenção na planta mãe, as sementes passam por uma

série de modificações que caracterizam o seu processo de desenvolvimento. Esse desenvolvimento é representado por variações quantitativas, relacionadas ao crescimento das sementes; e qualitativas, relacionadas à diferenciação das células (Cardoso, 2008; Taiz *et al.*, 2017).

As etapas de formações do embrião das sementes podem variar de acordo com padrões de divisão e diferenciação celular que são singulares nos diferentes *taxa*, mas, em geral, o embrião maduro é formado pelo eixo embrionário ou eixo hipocótilo-radicular (Cardoso, 2008; Silva *et al.*, 2014; Hove *et al.*, 2015). Geralmente, o endosperma, originado a partir de divisões mitóticas do núcleo endospermico triploide, completa o seu desenvolvimento antes do embrião, uma vez que esse tecido absorve material nutritivo depositado em outras partes do óvulo da planta e pode ser consumido durante o processo do desenvolvimento embrionário ou, posteriormente, durante a germinação da semente (Coll *et al.*, 2001; Cardoso, 2008; Sreenivasulu e Wobus, 2013; Chen *et al.*, 2014).

O envoltório da semente ou tegumento da semente, formado pelo tecido diploide da planta mãe, inicia o seu desenvolvimento com a fecundação do óvulo, sofrendo uma série de modificações durante a maturação da semente, a partir do tegumento do óvulo (Boesewinkel e Bouman, 1995; Coll *et al.*, 2001; Cardoso, 2008; Coelho e Benedito, 2008; Souza, 2009). O tegumento da semente exerce a função de via de trocas de materiais entre os meios interno e externo. Entretanto, ao longo do processo de desenvolvimento da semente, o tegumento pode ser submetido à suberização ou cutinização, criando, assim, uma maior resistência às trocas de materiais como água, gases e solutos entre a semente e o meio (Cardoso, 2008).

Durante o seu desenvolvimento, as sementes das angiospermas passam por três fases bem estabelecidas, sendo elas a histodiferenciação ou embriogênese, a maturação

e a dessecação (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008; Coelho e Benedito, 2008). O crescimento inicial da semente na primeira fase dá-se, primordialmente, devido às divisões celulares, a um aumento rápido no conteúdo de água e uma acumulação relativamente lenta de massa seca (Castro *et al.*, 2004; Coelho e Benedito, 2008). Na histodiferenciação ou embriogênese, fase onde ocorre a construção do embrião, ocorre um grande número de divisões mitóticas e diferenciações celulares a partir do zigoto unicelular. Simultaneamente, durante essa fase, ocorre o processo de formação dos tecidos que irão constituir o endosperma. A suspensão de síntese de DNA e o fim das divisões mitóticas culminam no fim dessa primeira fase da formação da semente (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008).

A segunda fase, denominada de maturação ou fase de acumulação ou de armazenamento, é caracterizada pelo crescimento da semente, ocasionado, principalmente, pela expansão das células e depósito de reservas (proteínas, lipídeos e carboidratos) nos tecidos de armazenamento, sejam eles cotilédones ou endosperma, proporcionando à semente em desenvolvimento um aumento da quantidade de matéria seca (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008; Coelho e Benedito, 2008). O alongamento celular, resultante do acúmulo de reservas e captação de água, proporciona o crescimento do embrião (Cardoso, 2008). Após o acúmulo da maior quantidade de matéria seca nos seus tecidos, a semente atinge a sua maturidade fisiológica, que é representada pela aquisição da capacidade germinativa (Cardoso, 2008; Baskin e Baskin, 2014).

As sementes não devem ser coletadas antes que passem pela fase de maturação, pois as sementes de muitas espécies, quando coletadas ainda imaturas, não germinam e são facilmente atacadas por diferentes espécies de fungos (Baskin e Baskin, 2014). A partir do momento no qual atingem o ponto de maturidade fisiológica, as sementes

apresentam um alto vigor e sua máxima capacidade germinativa (Popiginis, 1985; Coelho e Benedito, 2008; Baskin e Baskin, 2014). O vigor das sementes é uma característica fisiológica complexa e importante para assegurar a emergência rápida e uniforme das plantas no campo, as quais são submetidas às diferentes condições ambientais (Ventura *et al.*, 2012). O hormônio ácido abscísico (ABA), acumulado em grandes quantidades nessa fase do desenvolvimento da semente, é um repressor essencial do processo de germinação, impedindo que a semente germine ainda ligada à planta mãe, sendo, assim, fundamental para inibição do processo de viviparidade (Coll *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008). Essa produção é realizada por camadas únicas de células que envolvem o embrião e sintetizam e liberam, continuamente, ABA em direção ao embrião (Kang *et al.*, 2015).

Posteriormente a fase de maturação das sementes, há a fase de dessecação. Essa fase é caracterizada pelo acentuado aumento na perda de água (taxa de desidratação) e ruptura das conexões vasculares entre a semente e a planta mãe. Os vacúolos das células reduzem de tamanho, uma vez que perdem o seu grande conteúdo de água, e há uma redução acentuada do metabolismo (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008; Whitehouse *et al.*, 2015). A dessecação ocorre, geralmente, no fim do processo de maturação e desenvolvimento da semente, precedendo a entrada do embrião em um estado de quiescência ou de dormência (Barbedo e Marcos Filho, 1998; Coll *et al.*, 2001).

Fisiologicamente, a dessecação é um evento importante para o embrião, uma vez que permite a tolerância a pouca disponibilidade hídrica no período pós-dispersivo e a retomada do seu crescimento durante o processo de germinação (Fenner e Thompson, 2005; Cardoso, 2008). A capacidade de suportar a dessecação requer a presença de proteínas protetoras, carboidratos específicos, moléculas que reestruturam lipídios de membrana e mecanismos regulatórios que orientam um programa de expressão gênica

(Giarola *et al.*, 2017). A tolerância à dessecação adquirida pelas sementes desempenhou um papel fundamental na evolução das plantas terrestres, uma vez que permitiu que as sementes permanecessem viáveis em seu estado desidratado por anos ou até mesmo séculos, através dos mecanismos que mantêm a integridade celular e do DNA por todo esse tempo (González-Morales *et al.*, 2016).

A tolerância à dessecação, que começa a ser adquirida no final da fase de maturação, é acompanhada do início da síntese de proteínas e carboidratos produzidos somente nessa etapa mais tardia do desenvolvimento, como as proteínas LEA (*Late Embryogenesis Abundant*) (Blackman *et al.*, 1992; Cardoso, 2008; Barbedo *et al.*, 2013). Schulz *et al.* (2016), avaliando mudanças fisiológicas e enzimáticas durante a maturação e germinação de sementes de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc (Malvaceae), também demonstraram que a expressão de proteínas LEA tem relação com a tolerância à dessecação. Veiga *et al.* (2007), avaliando a tolerância à dessecação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill - Fabaceae) colhidas em estádios próximos da maturação, verificaram que a secagem de sementes colhidas próximo à maturidade fisiológica induz a síntese de proteínas LEA.

Em função da tolerância à dessecação adquirida pelo embrião, as sementes podem ser classificadas em ortodoxas e recalcitrantes. As sementes ortodoxas são dispersas da planta mãe com um baixo conteúdo de água, em torno de 2 a 5% do total de seu peso fresco. Essas sementes são tolerantes ao dessecação e apresentam um grande período de viabilidade após a dispersão em relação às sementes recalcitrantes, que são sensíveis ao dessecação e que necessitam manter um elevado conteúdo de água para que se mantenham viáveis. Assim, são dispersas da planta mãe com um conteúdo de água de 60 a 70% do total de seu peso fresco. (Coll *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008). Além das sementes enquadradas nas categorias ortodoxas ou

recalcitrantes, existem, ainda, sementes que são classificadas quanto à tolerância à dessecação como intermediárias, as quais possuem características em diferentes níveis de sementes recalcitrantes e ortodoxas (Barbedo *et al.*, 2013). Essas sementes podem, por exemplo, tolerar a secagem até o grau de umidade entre 7% e 10%, como as sementes de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae), mas sua viabilidade é perdida em poucos meses (Nery *et al.*, 2013).

Fatores endógenos, exógenos ou uma combinação de ambos, ao final do desenvolvimento das sementes, podem influenciar a formação de uma semente dormente ou quiescente (Coll *et al.*, 2001; Cardoso, 2008; Baskin e Baskin, 2014). Uma semente quiescente apresenta a capacidade de germinar em uma maior amplitude possível de condições ambientais fundamentais para que esta semente germine (Cardoso, 2008). Por outro lado, uma semente viável pode não germinar mesmo em condições ambientais favoráveis ao processo de germinação, como disponibilidade hídrica, temperatura, luz e gases. Essas sementes são, assim, classificadas como sementes dormentes (Bewley, 1997; Cardoso, 2008; Baskin e Baskin, 2014).

As angiospermas desenvolveram, ao longo do tempo, diferentes tipos de dormência em suas sementes que pode ser superada de diferentes maneiras entre as espécies (Penfield e King, 2009; Baskin e Baskin, 2014). Dentre os tipos de dormência há a fisiológica, que pode ser observada em sementes de *Miconia corallina* Spring (Melastomataceae), as quais são permeáveis, porém, apresentam um mecanismo fisiológico inibitório no embrião que impede o crescimento da radícula (Silveira *et al.*, 2012). A dormência classificada como morfológica pode ser observada em sementes de *Lonicera caerulea* L. var. *emphyllocalyx* (Caprifoliaceae), as quais, mesmo maduras, apresentem um embrião pouco desenvolvido (aproximadamente 28% do comprimento de um embrião completamente desenvolvido) (Phartyal *et al.*, 2009). Algumas espécies,

como *Papaver rhoeas* L. (Papaveraceae), são pouco desenvolvidas e fisiologicamente dormentes, assim, suas sementes apresentam dormência morfofisiológica (Baskin *et al.*, 2002). Outras sementes apresentam um tegumento impermeável à água, o que acaba impedindo o processo germinativo (Baskin e Baskin, 2014). Sementes com esse tipo de característica apresentam dormência do tipo física ou tegumentar, como pode ser observado em sementes de *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth ex DC. (Fabaceae) (Lima e Meiado, 2017a).

A dormência das sementes é uma importante característica adaptativa das plantas, permitindo o controle de onde e quando a semente poderá germinar e a plântula se estabelecer (Penfield e King, 2009; Nonogaki, 2014). Uma vez que controla o tempo de germinação, o tipo de dormência das sementes pode influenciar processos de colonização, adaptação, especiação e extinção de populações de plantas (Willis *et al.*, 2014). Essa característica desempenha um importante papel ecológico, permitindo que a germinação seja evitada em períodos do ano em que as condições ambientais, mesmo propícias à germinação, não se mantenham favoráveis por um período de tempo suficiente para o estabelecimento e sobrevivência das plântulas (Baskin e Baskin, 2014).

### ***c. O processo germinativo das sementes***

O estado fisiológico, morfológico e físico das sementes no momento em que estas estão amadurecidas; as mudanças fisiológicas, morfológicas e físicas que antecedem o evento da germinação; as condições ambientais necessárias para que ocorram essas mudanças e as condições ambientais presentes no habitat da espécie desde o momento da maturação até o momento da germinação são fatores importantes para o entendimento da ecologia da germinação das sementes (Baskin e Baskin, 2014).

A luminosidade é um dos fatores abióticos que pode influenciar a germinação (Batlla e Benech-Arnold, 2014; Long *et al.*, 2014; Moritz *et al.*, 2015). A percepção da luminosidade pelas sementes está ligada à presença do fitocromo, um pigmento que absorve luz vermelha e luz vermelho extremo (Cardoso, 2008; Gavassi *et al.*, 2014). Embora as sementes de muitas espécies apresentem altas porcentagens de germinação na luz ou no escuro, as sementes de algumas espécies germinam apenas na presença de luz ou apenas na ausência completa desse fator abiótico (Baskin e Baskin, 2014). Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia (1993) classificaram as sementes em fotoblásticas positivas, quando as sementes germinam apenas na presença de luz; fotoblásticas negativas, quando a luz inibe a germinação e as sementes germinam apenas na ausência dela; e, por fim, as fotoblásticas neutras ou afotoblásticas, insensíveis à luz, que podem germinar na presença ou ausência desse fator ambiental.

Outra condição ambiental que pode influenciar a germinação é a temperatura (Baskin e Baskin, 2014; Long *et al.*, 2014). As variações térmicas, às quais as sementes são expostas, atuam como um importante sinal do ambiente no controle da germinação, influenciando desde o crescimento embrionário até a indução ou a quebra da dormência (Cardoso, 2008; Long *et al.*, 2014). A germinação das sementes é regulada pelas temperaturas cardeais, que são parâmetros fisiológicos característicos de cada semente (Popigini, 1985; Cardoso, 2008; Meiado, 2012). As temperaturas cardeais correspondem às temperaturas mínima, ótima e máxima; onde a temperatura ótima ou faixa térmica ótima propicia o maior número de sementes germinadas em um menor tempo (Cardoso, 2008; Meiado, 2012). Embora as sementes de algumas espécies apresentem maior germinabilidade em temperaturas constantes, como foi observado por Kumar *et al.* (2013) em sementes de *Artemisia annua* L. (Asteraceae), as temperaturas alternadas também podem ser favoráveis para o processo germinativo. Algumas



espécies, inclusive, germinam apenas em temperaturas alternadas, como é o caso das sementes de *Lycopus europaeus* L. (Lamiaceae) e *Eleusine indica* (L.) Gaertn. (Poaceae) (Thompson, 1969; Nishimoto e McCarty, 1997; Baskin e Baskin, 2014).

Fatores químicos, como a concentração de íons, também podem influenciar a germinação das sementes. O excesso de íons, em geral, pode alterar ou até inibir a germinação (Cardoso, 2008; Santos *et al.*, 2016). Carabajal *et al.* (2016) verificaram, por exemplo, que a germinabilidade das sementes de *Panicum coloratum* L. (Poaceae) é afetada negativamente em condições de alta concentração de sal. Pereira *et al.* (2016) também observaram uma redução na germinabilidade de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) quando colocadas para germinar em concentrações salinas superiores a -0,6 MPa. Além disso, a salinidade pode promover a inibição da germinação, induzindo a semente a um estado de dormência, sem afetar a sua viabilidade, permitindo a retomada do processo germinativo quando essas sementes são expostas às condições não salinas (Kazachkova *et al.*, 2016).

A condição fundamental para a germinação de uma semente não dormente e viável é a disponibilidade de água no meio (Popigini, 1985). A água é o principal fator para o início do processo germinativo e para o aumento das atividades respiratórias da semente, chegando a um nível capaz de sustentar o crescimento do embrião e a reativação do metabolismo, os quais dependem do aumento do grau de hidratação dos tecidos da semente (Popigini, 1985; Cardoso, 2008). As sementes respondem de maneira diferenciada à disponibilidade hídrica no meio, uma vez que o excesso de água é capaz de promover a germinação ou inibi-la (Cardoso, 2008). Além disso, a quantidade de água disponível no meio também pode interagir com outros fatores

abióticos, como a luz e a temperatura, e controlar o processo de germinação (Baskin e Baskin, 2014).

A germinação é caracterizada pela retomada do crescimento do embrião da semente que, ao final da fase de maturação, sofreu uma interrupção em seu desenvolvimento e uma redução em seu metabolismo, ocasionada pela redução do conteúdo hídrico (Cardoso, 2008). Na germinação, existe uma série de processos metabólicos e morfogênicos que resulta na transformação de um embrião em uma plântula capaz de se nutrir por si só, tornando-se independente (Coll *et al.*, 2001; Floriano, 2004). Existe uma variedade de critérios utilizados para avaliação da germinação, como a curvatura gravitrópica da radícula ou a emergência da plântula através da superfície do solo, denominado critérios fisiológico e agrônômico, respectivamente (Cardoso, 2008). Seguindo o critério fisiológico de avaliação, a germinação é completa quando uma parte do embrião da semente, geralmente a radícula, penetra e transpassa os tecidos que envolvem esse embrião. Por sua vez, no critério agrônômico, também chamado de critério técnico, a germinação ocorre quando uma plântula normal emerge da superfície do solo e consegue se estabelecer no ambiente (Bewley, 1997; Cardoso, 2008).

Para que a atividade metabólica que foi reduzida no momento final da maturação possa ser retomada, é necessária a absorção de água pela semente para reidratação dos tecidos e início do processo germinativo (Castro *et al.*, 2004; Baskin e Baskin, 2014). A germinação incorpora os eventos que se iniciam com a entrada e absorção de água pela semente quiescente, em um processo físico denominado embebição, culminando com o crescimento do eixo embrionário (Bewley and Black, 1994; Bewley, 1997; Cardoso, 2008; Taiz *et al.*, 2017).

A embebição das sementes é um processo fundamental no ciclo de vida das plantas que determina se a germinação e o crescimento do indivíduo serão bem-sucedidos ou não (Ribeiro *et al.*, 2015). Além disso, o processo de embebição das sementes está relacionado às propriedades coloidais dos seus componentes e com as diferenças de potenciais hídricos presentes entre a semente e o meio externo (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008). Existem sementes com envoltórios impermeáveis, parcialmente permeáveis e totalmente permeáveis; porém, para que o processo de embebição ocorra, é fundamental que os tecidos que envolvem o embrião da semente sejam permeáveis à água. Em uma condição de disponibilidade de água e permeabilidade por parte dos envoltórios da semente, o processo de embebição apresenta três fases (Rajjou *et al.*, 2012; Taiz *et al.*, 2017). Esse padrão trifásico já foi observado em sementes de diversas espécies, como em *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae) (Dantas *et al.*, 2008), *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D.Penn. (Sapotaceae) (Silva *et al.*, 2010) e *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) (Araujo *et al.*, 2014).

Na fase I, há uma rápida absorção de água que proporciona o aumento do teor de água da semente, alterações na permeabilidade das membranas e o vazamento de metabólitos de baixo peso molecular (Taiz *et al.*, 2017). Além disso, na fase I, ocorrem mudanças na expressão gênica, como foi observada por Preston *et al.* (2009) em sementes de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). A fase II, que tem duração relativa entre as espécies, é caracterizada por uma estabilização do conteúdo de água da semente e a ativação dos processos metabólicos fundamentais para que a germinação ocorra (Taiz *et al.*, 2017). Dantas *et al.* (2008) observaram que, durante a fase II da embebição de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae), ocorre um aumento nos teores de proteínas fracionadas, devido à reativação

do metabolismo e de enzimas inativas. Por fim, na fase III, ocorre o início do crescimento do eixo embrionário e a retomada da absorção da água do meio, que permanece constante, na maioria dos casos, até a protrusão da radícula (Castro *et al.*, 2004; Cardoso, 2008; Rajjou *et al.*, 2012; Taiz *et al.*, 2017).

**d. O processo de hidratação descontínua durante a embebição**

Dependendo da disponibilidade de água no ambiente onde a semente foi dispersa, o processo de reidratação dos tecidos durante a embebição, fundamental para que a semente germine, pode ser interrompido pela ausência da água no solo. Diante dessa situação, a semente interrompe o seu processo germinativo e, devido às condições ambientais, perde a água até então absorvida para o meio (Fenner e Thompson, 2005). Condições ambientais que permitem a ocorrência da hidratação descontínua durante o processo germinativo das sementes são encontradas em ecossistemas áridos e semiáridos, uma vez que são nesses ambientes que ocorrem uma limitação da quantidade de água no solo e do tempo que a água fica disponível para que a semente absorva, mesmo em períodos de chuva (Meiado *et al.*, 2012; Meiado, 2013; Lima e Meiado, 2017b).

O processo de embebição das sementes nesses ecossistemas áridos e semiáridos pode passar por interrupções, ocorrendo ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD) (Meiado, 2013). Dubrovsky (1996; 1998), destacou que a hidratação descontínua assegura às sementes um elevado índice de sobrevivência durante a dessecação, demonstrando que essas sementes podem apresentar memória hídrica de sementes, ocasionada pelo processo de embebição descontínua, a qual preserva as modificações bioquímicas resultantes da hidratação prévia.

Além do elevado índice de sobrevivência durante a dessecação destacado por Dubrovsky (1996; 1998), os ciclos de HD podem proporcionar outras vantagens durante o processo germinativo das sementes de algumas espécies. Kaya *et al.* (2006) observaram, durante a germinação de *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), que o tempo médio de germinação foi reduzido em sementes que foram submetidas à hidratação descontínua, demonstrando, assim, que o processo de hidratação descontínua proporciona uma rápida absorção de água, reduzindo o tempo necessário para que a germinação ocorra. Sánchez-Soto *et al.* (2005) também observaram que os ciclos de HD proporcionaram a redução do tempo médio de germinação durante a germinação de sementes de *Stenocereus alamosensis* (J. M. Coult.) A. C. Gibson & K. E. Horak (Cactaceae) e *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb. var. *thurberi* (Cactaceae).

Além do tempo médio de germinação, a hidratação descontínua pode influenciar outros parâmetros que podem ser avaliados durante a germinação de sementes. Rito *et al.* (2009) demonstraram que sementes de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* (Cactaceae) apresentam memória hídrica, uma vez que, após serem submetidas aos ciclos de HD, tiveram sua porcentagem de germinação elevada. Pedrero-López *et al.* (2016), em experimentos com sementes de *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae), também observaram um aumento significativo da germinabilidade após os ciclos de HD de 22,5 % para 63,3 %. A germinabilidade também foi favorecida pela hidratação descontínua em sementes de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (Bignoniaceae) e *Cordia megalantha* S. F. Blake (Boraginaceae) (Alvarado-López *et al.*, 2014).

A hidratação descontínua também pode proporcionar uma maior tolerância às condições de estresses abióticos, como foi observado por Li *et al.* (2017) em sementes de *Medicago sativa* L. (Fabaceae), as quais apresentaram um aumento na

germinabilidade em condições de estresse hídrico e salino após serem submetidas à hidratação descontínua. Os efeitos da memória hídrica de sementes também podem ser observados durante o desenvolvimento inicial, com a produção de plântulas mais vigorosas a partir de sementes que foram submetidas a tratamentos de hidratação descontínua (Aragão *et al.*, 2002). Como resultado de experimentos com *Antirrhinum* spp. (Plantaginaceae) e *Dahlia* spp. (Asteraceae), Ozden *et al.* (2017) observaram que as plântulas dessas espécies, produzidas a partir de sementes que foram previamente submetidas a ciclos de HD, apresentaram maior biomassa.

Em estudos com espécies da família Cactaceae, Contreras-Queiroz *et al.* (2016) observaram que a presença da memória hídrica de semente, resultante dos ciclos de HD, dependem do clima e do microambiente onde os indivíduos ocorrem, sendo, então, um indicativo que a germinação das espécies é influenciada pelas condições ambientais impostas às plantas parentais. Lima e Meiado (2017 b) demonstraram, em experimentos com sementes de *Pilosocereus cattingicola* (Gürke) Byles & G.D. Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) provenientes de populações de diferentes ecossistemas da região Nordeste do Brasil, que o ecossistema de origem influencia os efeitos que os ciclos de HD promovem no processo germinativo. Nesse experimento, Lima e Meiado (2017 b) observaram que os ciclos de HD conferiram às sementes de *P. cattingicola* subsp. *salvadorensis* uma maior tolerância às condições de estresses hídrico e salino. Porém, sementes desse cacto produzidas em áreas de Caatinga apresentaram mais tolerância ao estresse hídrico, enquanto que sementes produzidas na Restinga apresentaram maior tolerância ao estresse salino após passarem por ciclos de HD (Lima e Meiado, 2017b). Por outro lado, a hidratação descontínua também pode apresentar efeitos negativos na germinação de algumas espécies. Santini *et al.* (2017) demonstraram que os ciclos de HD reduziram a porcentagem de germinação e

aumentaram o tempo médio de germinação de sementes de *Echinocereus engelmannii* (Parry ex Engelm.) Lem. e *Ferocactus hamatacanthus* (Muehlenpf.) Britton & Rose, ambas espécies da família Cactaceae.

Diferentes espécies que habitam ecossistemas áridos e semiáridos como, por exemplo, a Caatinga, dispersam suas sementes que germinam na superfície do solo ou nas camadas mais próximas da superfície (Meiado *et al.*, 2012). A Caatinga é um ecossistema semiárido localizado, majoritariamente, na região Nordeste do Brasil, o qual é caracterizado por uma deficiência na disponibilidade de água durante grande parte do ano e uma irregularidade temporal na distribuição da precipitação (Trovão *et al.*, 2007; Queiroz, 2009; Santana e Souto, 2011). Nesse tipo de ecossistema, as sementes, durante o seu processo de embebição, têm água disponível para absorção por um período limitado, uma vez que a evaporação da água do solo nessas camadas superficiais ocorre rapidamente (Meiado *et al.*, 2012).

#### ***e. Espécies estudadas***

Entre as famílias de angiospermas presentes na Caatinga e que estão submetidas a essas condições ambientais está a família Fabaceae Lindl., a qual apresenta uma grande diversidade de forma, tamanho, cor, estrutura e características das sementes, e muitas espécies apresentam valor econômico para o Nordeste brasileiro (Queiroz, 2009; Espírito-Santo *et al.*, 2010).

*Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby é uma espécie conhecida popularmente como canafístula, canafístula-de-besouro, cássia-do-nordeste ou São-João, com distribuição concentrada, principalmente, em áreas de Caatinga (Queiroz, 2009; Souza e Bortoluzzi, 2015). As sementes dessa espécie apresentam dormência física e uma germinabilidade superior a

80% em uma faixa de temperatura de 15 a 36°C, entretanto, temperaturas entre 24 e 27°C permitem uma germinação mais rápida (Jeller e Perez, 1999). *Senna spectabilis* var. *excelsa* é frequentemente encontrada em áreas degradadas da Caatinga e apresenta um grande potencial para uso de recuperação dessas áreas (Queiroz, 2009). Apesar dessa distribuição, *S. spectabilis* var. *excelsa* é uma espécie pouco tolerante ao estresse hídrico durante o processo de germinação (Jeller e Peres, 2001). Não existem informações a respeito dos efeitos dos ciclos de HD durante a germinação desta espécie. Uma vez que apresenta uma distribuição em áreas de Caatinga, as sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* podem, então, estar sujeitas às condições de hidratação descontínua durante o seu processo germinativo.

*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema-preta), também é uma espécie que ocorre em regiões que apresentam um clima caracterizado por apresentar períodos de seca (Santos-Silva *et al.*, 2015). No Brasil, essa espécie se distribui amplamente em áreas de Caatinga arbustiva e solos arenosos. Suas sementes apresentam dormência física, o que impede a absorção de água, mesmo em condições ideais de disponibilidade hídrica (Azevêdo *et al.*, 2012). Em ambientes naturais onde a espécie ocorre, a dormência dessas sementes é superada pela influência da variação da temperatura, ação de microrganismos ou devido a ingestão feita por animais dispersores (Camargo-Ricalde e Grether, 1998). As sementes de *M. tenuiflora*, as quais são dispersas pelos indivíduos adultos durante o período de seca, neste momento, são submetidas as condições que facilitam a superação da dormência física até o início da estação chuvosa, quando as sementes podem absorver água e germinar (Camargo-Ricalde e Grether, 1998).

*Mimosa tenuiflora* é resistente ao déficit hídrico durante a germinação, o que pode explicar sua distribuição em ecossistemas de clima semiárido do Brasil (Bakke *et*



*al.*, 2006). De acordo com Azevêdo *et al.* (2012), as plântulas de *M. tenuiflora* são capazes de se desenvolver em áreas degradadas devido a sua rusticidade. Além disso, essa espécie apresenta rápido crescimento, sendo uma espécie importante em programas de recuperação de áreas degradadas (Queiroz, 2009).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado-López, S.; Soriano, D.; Velázquez, N.; Orozco-Segovia, A.; Gamboa-deBuen, A.** (2014). Priming effects on seed germination in *Tecoma stans* (Bignoniaceae) and *Cordia megalantha* (Boraginaceae), two tropical deciduous tree species. *Acta Oecologica*, v. 61, p. 65-70.
- Alves, M. F.; Duarte, M. O.; Bittencourt-Júnior, N. S.; Oliveira, P. E.; Sampaio, D. S.** (2016). Sporophytic apomixis in polyembryonic *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose (Bignoniaceae) characterizes the species as an agamic polyploid complex. *Plant Systematics and Evolution*, v. 302, n. 6, p. 651-659.
- Aragão, C. A.; Dantas, B. F.; Alves, E.; Corrêa, M. F.** (2002). Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação e secagem. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p. 87-92.
- Araujo, R. F.; Zonta, J. B.; Araújo, E. F.; Donzeles, S. M. L.; Costa, G. M.** (2014). Curva de absorção de água em sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). *Idesia (Arica)*, v. 32, n. 2, p. 5-10.
- Areces-Berazain, F.; Ackerman, J. D.** (2017). Diversification and fruit evolution in eumalvoids (Malvaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 184, n. 4, p. 401-417.
- Azevêdo, S. M. A.; Bakke, I. A.; Bakke, O. A.; Freire, A. L. O.** (2012). Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga. *Engenharia Ambiental*, v. 9, p. 150-160.
- Bakke, I. A.; Freire, A. L. O.; Bakke, O. A.; Andrade, A. P.; Bruno, R. L. A.** (2006). Water and sodium chloride effects on *Mimosa Tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. *Revista Caatinga*, v. 19, p. 261-267.

- Barbedo, C. J.; Centeno, D. C.; Ribeiro, R. C. L. F.** (2013). Do Recalcitrant Seeds Really Exist?. *Hoehnea*, v. 40, n. 4, p. 583-593.
- Barbedo, C. J.; Marcos Filho, J.** (1998). Tolerância à dessecação em sementes. *Acta Botanica Brasilica*, v. 12, p. 145-164.
- Barbedo, C. J.; Centeno, D. C.; Ribeiro, R. C. L. F.** (2013). Do recalcitrant seeds really exist? *Hoehnea*, v. 40, n. 4, p. 583-593.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M.** (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
- Baskin, C. C.; Milberg, P.; Andersson, L.; Baskin, J. M.** (2002). Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of the weedy facultative winter annual *Papaver rhoeas*. *Weed Research*, v. 24, p. 194-202.
- Battla, D.; Bencech-Arnold, R. L.** (2014). Weed seed germination and the light environment: Implications for weed management. *Weed Biology and Management*, v. 14, n. 2, p. 77-87.
- Bewley, J. D.** (1997). Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, v. 9, n. 7, p. 1055-1066.
- Bewley, J. D.; Black, M.** (1994). *Seed: Physiology of Development and Germination*. Plenum, New York.
- Blackman, S. A.; Obendorf, R. L.; Leopold, A. C.** (1992). Maturation Proteins and Sugars in Desiccation Tolerance of Developing Soybean Seeds. *Plant Physiology*, v. 100, p. 225-230.
- Boesewinkel, F. D.; Bouman, F.** (1995). The Seed: Structure and Function. p. 1-21. In: Kingel, J. & Galili, G. (Eds.). *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, Inc., New York.

- Camargo-Ricalde, S. L.; Grether, R.** (1998). Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical*, v. 46, p. 543-554.
- Carabajal, M.; Ruiz, M. B.; Parera, C. A.** (2016). Effects of Priming on Seed Germination of *Panicum Coloratum* L. Under Saline Stress Conditions. *International Journal of Scientific & Technology Research*, v. 5, p. 105-108.
- Cardoso, V. J. M.** (2008). Germinação. p. 386-408. In: Kerbaudy, G. B. (Ed.). *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro.
- Castro, R. D.; Bradford, K. J.; Hilhorst, H. W. M.** (2004). Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. p. 69-92. In: Ferreira, A. G.; Borghetti, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre.
- Chanderbali, A. S.; Berger, B. A.; Howarth, D. G.; Saltis, P. S.; Soltis, D. E.** (2016). Evolving Ideas on the Origin and Evolution of Flowers: New Perspectives in the Genomic Era. *Genetics*, v. 202, n. 4, p. 1255-1265.
- Chen, J.; Zeng, B.; Zhang, M.; Xie, S.; Wang, G.; Hauck, A.; Lai, J.** (2014). Dynamic transcriptome landscape of maize embryo and endosperm development. *Plant Physiology*, v. 166, n. 1, p. 252-264.
- Coelho, C. M. M.; Benedito, V. A.** (2008). Seed Development and Reserve Compound Accumulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Science and Biotechnology*, v. 2, n. 2, p. 42-52.
- Coll, J. B.; Rodrigo, N. G.; García B. S.; Tamés, R.S.** (2001). *Fisiología Vegetal*. Pirámide, Madrid.
- Contreras-Quiroz, M.; Pando-Moreno, M.; Jurado, E.; Flores, J.; Bauk, K.; Gurvich, D. E.** (2016). Is Seed Hydration Memory Dependent on Climate? Testing this

Hypothesis with Mexican and Argentinian Cacti Species. *Journal of Arid Environments*, v. 130, p. 94-97.

**Costa, M. E.; Sampaio, D. S.; Paoli, A. A. S.; Leite, S. C. A. L.** (2004). Poliembriõnia e aspectos da embriogênese em *Tabebuia ochracea* (Chamisso) Standley (Bignoniaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 27, n. 2, p. 395-406.

**Dantas, B. F.; Correia, J. S.; Marinho, L. R.; Aragão, C. A.** (2008). Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 1, p. 221-227.

**Dantas, B. F.; Soares, F. S. J.; Lúcio, A. A.; Aragão, C. A.** (2008). Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 2, p. 214-219.

**Dubrovsky, J. G.** (1996). Seed Hydration Memory in Sonoran Desert Cacti and its Ecological Implication. *American Journal of Botany*, v. 83, p. 624-632.

**Dubrovsky, J. G.** (1998). Discontinuous Hydration as a Facultative Requirement for Seed Germination in Two Cactus Species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 125, p. 33-39.

**Espírito-Santo, F. S.; Siqueira-Filho, J. A.; Junior-Melo, J. C. F.; Gervásio, E. S.; Oliveira, A. M. B.** (2010). Quanto vale as sementes da Caatinga? Uma proposta metodológica. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 3, p. 137-144.

**Fenner, M.; Thompson, K.** (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, Cambridge.

**Floriano, E. P.** (2004). *Germinação e dormência de sementes florestais*. Caderno Didático nº 2. Eduardo Pagel Floriano, Santa Rosa.

**Friis, E. M.; Mendes, M. M.; Pedersen, K. R.** (2017). *Paisia*, an Early Cretaceous eudicot angiosperm flower with pantoporate pollen from Portugal. *Grana*, p. 1-15.

- Gavassi, M. A.; Fernandes, G. C.; Monteiro, C. C.; Peres, L. E. P.; Carvalho, R. F.** (2014). Seed Germination in Tomato: A Focus on Interaction between Phytochromes and Gibberellins or Absciscic Acid. *American Journal of Plant Sciences*, v. 5, n. 14, p. 2163-2169.
- Giarola, V.; Hou, Q.; Bartels, D.** (2017). Angiosperm Plant Desiccation Tolerance: Hints from Transcriptomics and Genome Sequencing. *Trends Plant Science*, v. 22, n. 8, p. 705-717.
- González-Morales, S. I.; Chávez-Montes, R. A.; Hayano-Kanashiro, C.; Alejo-Jacuinde, G.; Rico-Cambron, T. Y.; Folter, S.; Herrera-Estrella, L.** (2016). Regulatory network analysis reveals novel regulators of seed desiccation tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 35, p. 232-241.
- Hove, C. A. T.; Lu, K. J.; Weijers, D.** (2015). Building a plant: cell fate specification in the early *Arabidopsis* embryo. *Development*, v. 142, n. 3, p. 420-430.
- Jeller, H.; Perez, S. C. J. G. A.** (1999). Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n. 1, p. 32-40.
- Jeller, H.; Perez, S. C. J. G. A.** (2001). Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. *Ciência Florestal*, v. 11, n. 1, p. 93-104.
- Kang, J.; Yim, S.; Choi, H.; Kim, A.; Lee, K. P.; Lopez-Molina, L. L.; Martinoia, E.; Lee, Y.** (2015). Absciscic acid transporters cooperate to control seed germination. *Nature*, v. 6, n. 8113, p. 1-10.

- Kaya, M. D.; Okçu, G.; Atak, M.; Çikili, Y.; Kolsarici, Ö.** (2006). Seed Treatment to Overcome Salt and Drought Stress during Germination in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, v. 24, n. 4, p. 291-295.
- Kazachkova, Y.; Khan, A.; Acunia, T.; Barak, S.** (2016). Salt Induces Features of a Dormancy-like State in Seeds of *Eutrema* (*Thellungiella*) *salsugineum*, a Halophytic Relative of *Arabidopsis*. *Frontiers Plant Science*, v. 7, n. 1071, p. 1-18.
- Kumar, B.; Gupta, E.; Mali, H.; Singh, H. P.; Akash, M.** (2013). Constant and alternating temperature effects on seed germination potential in *Artemisia annua* L. *Journal of Crop Improvement*, v. 27, n. 6, p. 636-642.
- Li, R.; Min, D.; Chen, L.; Chen, C.; Hu, X.** (2017). Hydropriming accelerates seed germination of *Medicago sativa* under stressful conditions: A thermal and hydrotime model approach. *Legume Research*, v. 40, n. 4, p. 741-747.
- Lima, A. T.; Meiado, M. V.** (2017a). Escarificação química como método eficiente para superação da dormência de sementes de *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) Kunth ex DC. (Fabaceae). *Gaia Scientia*, v. 11, n. 1.
- Lima, A. T.; Meiado, M. V.** (2017b). Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research*, v. 27, n. 4, p. 292-302.
- Longe, R. L.; Gorecki, M. J.; Renton, M.; Scott, J. K.; Colville, L.; Goggin, D. E.; Commander, L. E.; Westcott, D. A.; Cherry, H.; Finch-Savage, W. E.** (2014). The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews*, v. 90, n. 1, p. 31-59.
- Meiado, M. V.** (2012). Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardiais. *Informativo ABRATES*, v. 22, n. 3, p. 20-23.

- Meiado, M. V.** (2013). Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. p. 89-94. *In: Stelmann, J. R.; Isaías, R. M. S.; Modolo, L. V.; Vale, F. H. A.; Salino, A. (Orgs.). Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica: Botânica sempre viva.* Sociedade Botânica do Brasil, Belo Horizonte.
- Meiado, M. V.; Silva, F. F. S.; Barbosa, D. C. A.; Siqueira Filho, J. A.** (2012). Diaspores of the Caatinga: A Review. p. 306-365. *In: Siqueira Filho, J. A. (Org.). Flora of the Caatingas of the São Francisco River – Natural History and Conservation.* Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro.
- Moritz, A.; Ortiz, T. A.; Takahashi, L. S. A.** (2015). Luz e temperaturas na germinação de sementes de *Sinningia leucotricha*. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v. 8, n. 1, p. 63-68.
- Nery, M. C.; Davide, A. C.; Silva, A. A.; Soares, G. C. M.; Nery, F. C.** (2013). Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Cerne*, v. 20, n. 3, p. 477-483.
- Nishimoto, R. K.; McCarty, L. B.** (1997). Fluctuating temperature and light influence seed germination of goosegrass (*Eleusine indica*). *Weed Science Society of America*, v. 45, n. 3, p. 426-429.
- Nonogaki, H.** (2014). Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses. *Frontiers in Plant Science*, v. 5, p. 1-15.
- Nunes, C. E. P.; Peñaflor; M. F. G. V.; Bento, J. M. S.; Sazima, M.** (2016). The Dilemma of Being a Fragrant Flower: The Major Floral Volatile Attracts Pollinators and Florivores in the Euglossine Pollinated Orchid *Dichaea pendula*. *Oecologia*, v. 182, n. 4, p. 933-946.



- Olson, M. S.; Hamrick, J. L.; Moore, R.** (2016). Breeding Systems, Mating Systems, and Genomics of Gender Determination in Angiosperm Trees. *Plant Genetics and Genomics: Crops and Models*, v. 21, p. 1-20.
- Ozden, E.; Ermis, S.; Demir, I.** (2017). Seed Priming Increases Germination and Seedling Quality in *Antirrhinum*, *Dahlia*, *Impatiens*, *Salvia* and *Zinnia* Seeds. *Journal of Ornamental Plants*, v. 7, n. 3, p. 171-176.
- Pedrero-López, L. V.; Rodríguez, A. R.; Coronado, M. E. S.; Hernández, P. E. M.; Orozco-Segovia, A.** (2016). Effects of Hydropriming Treatments on the Invigoration of Aged *Dodonaea viscosa* Seeds and Water-Holding Polymer on the Improvement of Seedling Growth in a Lava Field. *Restoration Ecology*, v. 24, n. 1, p. 61-70.
- Penfield, S.; King, J.** (2009). Towards a systems biology approach to understanding seed dormancy and germination. *Proceedings of the Royal Society of London B*, v. 276, n. 1673, p. 3561-3569.
- Pereira, F. E. C. B.; Medeiros Filho, S.; Torres, S. B.; Martins, C. C.; Brito, S. F.** (2016). Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 7, p. 649-653.
- Phartyal, S. S.; Kondo, T.; Hoshino, Y.; Baskin, C. C.; Baskin, J. M.** (2009). Morphological dormancy in seeds of the autumn-germinating shrub *Lonicera caerulea* var. *emphyllocalyx* (Caprifoliaceae). *Plant Species Biology*, v. 24, p. 20-26.
- Popigini, F.** (1985). *Fisiologia da Semente*. Brasília.
- Preston, J.; Tatematsu, K.; Kanno, Y.; Hobo, T.; Kimura, M.; Jikumaru, Y.; Yano, R.; Kamiya, Y.; Nambara, E.** (2009). Temporal Expression Patterns of Hormone Metabolism Genes during Imbibition of *Arabidopsis thaliana* Seeds: A

Comparative Study on Dormant and Non-Dormant Accessions. *Plant and Cell Physiology*, v. 50, n. 10, p. 1786-1800.

**Queiroz, L. P.** (2009). *Leguminosas da Caatinga*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Rajjou, L.; Duval, M.; Gallardo, K.; Catusse, J.; Bally, J.; Job, C.; Job, D.** (2012). Seed Germination and Vigor. *Annual Review of Plant Biology*, v. 63, p. 507-533.

**Raven, P. H.; Eichhorn, S. E.; Evert, R. F.** (2014). *Biologia Vegetal*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

**Ribeiro, P. R.; Willems, L. A. J.; Mudde, E.; Fernandez, L. G.; Castro, R. D.; Ligterink, W.; Hilhorst, H. W. M.** (2015). Metabolite profiling of the oilseed crop *Ricinus communis* during early seed imbibition reveals a specific metabolic signature in response to temperature. *Industrial Crops and Products*, v. 67, p. 305-309.

**Rito, K. F.; Rocha, E. A.; Leal, I. R.; Meiado, M. V.** (2009). As sementes de mandacaru têm memória hídrica? *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, v. 6, n. 1, p. 26-31.

**Sánchez Soto, B. H.; García Moya, E.; Terrazas, T.; Reys Olivas, A.** (2005). Efecto de la hidratación discontinua sobre la germinación de tres cactáceas del desierto costero de Topolobambo, Ahome, Sinaloa. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, v. 50, n. 1, p. 4-14.

**Santana, J. A. S.; Souto, J. S.** (2011). Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia*, v. 29, n. 2, p. 87-94.

**Santini, B. A.; Rojas-Aréchiga, M.; Morales, E. G.** (2017). Priming effect on seed germination: Is it always positive for cacti species?. *Journal of Arid Environments*, v. 147, p. 155-158.

- Santos, C. A.; Silva, N. V.; Walter, L. S.; Silva, E. C. A.; Nogueira, R. J. M. C.** (2016). Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 36, n. 87, p. 219-224.
- Santos-Silva, J.; Simon, M. F.; Tozzi, A. M. G. A.** (2015). Revisão taxonômica das espécies de *Mimosa* ser. *Leiocarpace* *sensu lato* (Leguminosae - Mimosoideae). *Rodriguésia*, v. 66, p. 95-154.
- Schulz, D. G.; Schneider, C. F.; Gusatto, F. C.; Ignácio, V. L.; Malavasi, M. M.; Malavasi, U. C.** (2016). Physiological and enzymatic changes during seed maturation and germination of *Luehea divaricata*. *Floresta*, v. 47, n. 1, p. 105-111.
- Silva, F. F. S.; Lopes, A. P.; Araújo, M. N.; Oliveira, D. A. B.; Matias, J. R.; Bruno, R. L. A.; Dantas, B. F.** (2010). Curva de embebição, degradação e mobilização de proteínas de reserva em sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. In: XXXIII Reunião Nordestina de Botânica, Aracaju – SE.
- Silva, R. S.; Ribeiro, L. M.; Mercadante-Simões, M. O.; Nunes, Y. R. F.; Lopes, P. S. N.** (2014). Seed structure and germination in buriti (*Mauritia flexuosa*), the Swamp palm. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 209, n. 11, p. 674-685.
- Silveira, F. A. O.; Ribeiro, R. C.; Oliveira, D. M. T.; Fernandes, G. W.; Lemos-Filho, J. P.** (2012). Evolution of physiological dormancy multiple times in Melastomataceae from Neotropical montane vegetation. *Seed Science Research*, v. 22, p. 37-44.
- Souza, L. A.** (2009). *Morfologia e Anatomia Vegetal: Célula, Tecidos, Órgãos e Plântula*. Editora UEPG, Ponta Grossa.
- Souza, V. C.; Bortoluzzi, R. L. C.** (2017). *Senna*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em:

<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23149>. Acesso em: 26 de Junho de 2017.

**Sreenivasulu, N.; Wobus, U.** (2013). Seed-development programs: a systems biology-based comparison between dicots and monocots. *Annual Review of Plant Biology*, v. 64, p. 189-217.

**Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A.** (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

**Thompson, P. A.** (1969). Germination of *Lycopus europaeus* L. in response to fluctuating temperatures and light. *Journal of Experimental Botany*, v. 20, n. 1, p. 1-11.

**Trovão, D. M. B. M.; Fernandes, P. D.; Andrade, L. A.; Dantas Neto, J.** (2007). Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 307-311.

**Vázquez-Yanes, C.; Orosco-Segovia, A.** (1993). Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 24, p. 69-87.

**Veiga, A. D.; Rosa, S. D. V. F.; Silva, P. A.; Oliveira, J. A.; Alvim, P. O.; Diniz, K. A.** (2007). Tolerância de sementes de soja à dessecação. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 773-780.

**Ventura, L.; Donà, M.; Macovei, A.; Carbonera, D.; Buttafava, A.; Mondoni, A.; Rossi, G.; Balestrazzi, A.** (2012). Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 60, p. 196-206.

**Whitehouse, K. J.; Hay, F. R.; Ellis, R. H.** (2015). Increases in the longevity of desiccation-phase developing rice seeds: response to high-temperature drying depends on harvest moisture content. *Annals of Botany*, v. 116, p. 247-259.

**Willis, C. G.; Baskin, C. C.; Baskin, J. M.; Auld, J. R.; Venable, D. L.; Cavender-Bares, J.; Donohue, K.; Rubio de Casas, R.; NESCenter Germination Working Group.** (2014). The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*, v. 203, n. 1, p. 300-309.

## Capítulo I

Publicado no **Journal of Seed Science**, v.40, n.1, p.036-043, 2018 (Anexos).

<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n1182838>

**A hidratação descontínua das sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) confere maior tolerância ao estresse hídrico durante a germinação?**

Ayslan Trindade Lima<sup>1,3</sup>, Paulo Henrique de Jesus da Cunha<sup>1</sup>, Bárbara França Dantas<sup>2</sup> e Marcos Vinicius Meiado<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia de Sementes, Departamento de Biociências, UFS, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

<sup>2</sup> Embrapa Semiárido, Caixa Postal 23, 56300-970 - Petrolina, PE, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, UFS, 49100-000 - São Cristóvão, SE, Brasil.

\* Autor para correspondência: [meiado@ufs.br](mailto:meiado@ufs.br)

**Resumo** – Memória hídrica de sementes é a habilidade que as sementes apresentam em reter alterações bioquímicas e fisiológicas ocasionadas pela hidratação descontínua. Este estudo objetivou determinar se sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) apresentam memória hídrica e avaliar os efeitos dos ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD) na germinação das sementes dessa espécie quando submetidas a déficit hídrico. As sementes passaram por ciclos de HD (0, 1, 2 e 3 ciclos) correspondentes aos tempos X (6 horas), Y (16 horas) e Z (24 horas) de hidratação, determinados a partir da curva de embebição, com 5 horas de desidratação e postas para germinar em condições de déficit hídrico. A germinação foi avaliada nos potenciais 0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa, obtidos com a utilização da solução de polietileno glicol 6000. Foram calculados a germinabilidade (%), tempo médio de germinação (dias) e o tempo hídrico (MPa.d<sup>-1</sup>). Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* são sensíveis aos baixos potenciais hídricos, porém, quando submetidas aos ciclos de HD no tempo Y (16 horas), há um aumento na tolerância às condições de déficit hídrico. Além disso, os benefícios observados nos parâmetros germinativos mostraram que *S. spectabilis* var. *excelsa* apresenta memória hídrica de sementes.

**Palavras-chave:** Caatinga, memória hídrica de sementes, germinabilidade, estresse abiótico, tempo hídrico.



**Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination?**

**Abstract** – Seed hydration memory is the ability of seeds to retain biochemical and physiological changes caused by discontinuous hydration. This study aimed to determine if *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) present seed memory and evaluate the effects of hydration and dehydration cycles (HD) on the seed germination of this species when submitted to conditions of water stress. Seeds underwent HD cycles (0, 1, 2 and 3 cycles) corresponding to the hydration times X (6 hours), Y (16 hours) and Z (24 hours), determined from the imbibition curve, with 5 hours of dehydration and submitted to water stress conditions. Germination was evaluated at 0.0, -0.1, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa, obtained with polyethylene glycol 6000 solution. Germinability (%), mean germination time (days) and hydrotime (MPa d-1) were calculated. The seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* are sensitive to the low osmotic potentials tested in this study, however, when submitted to the HD cycles of 16 hours hydration (time Y), the tolerance to water stress conditions is increased. In addition, the observed benefits on the evaluated germination parameters show that *S. spectabilis* var. *excelsa* present seed hydration memory.

**Keywords:** Caatinga, seed hydration memory, germinability, abiotic stress, hydrotime.

## **Introdução**

A disponibilidade hídrica no solo é uma condição fundamental durante o processo germinativo de uma semente não dormente e viável (Popinigis, 1985). O início do processo germinativo é caracterizado pela absorção de água e reidratação dos tecidos que perderam água naturalmente durante a produção da semente (Baskin e Baskin, 2014; Taiz *et al.*, 2017). A reidratação dos tecidos proporciona um aumento da atividade respiratória e reativação do metabolismo das sementes, o qual resulta no crescimento do embrião (Popinigis, 1985; Taiz *et al.*, 2017).

Em regiões áridas e semiáridas, a disponibilidade hídrica na superfície do solo apresenta uma restrição de tempo e espaço, mesmo durante os períodos chuvosos do ano, o que influencia diretamente a germinação das sementes nesses ambientes (Meiado *et al.*, 2012). Além da reidratação dos tecidos ser interrompida, as sementes também podem perder água absorvida para o meio, causando ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD) durante a embebição (Fenner e Thompson, 2005; Meiado *et al.*; 2012).

Por conta da hidratação descontínua devido aos ciclos de HD, sementes de espécies nativas de ambientes áridos e semiáridos podem apresentar alta taxa de sobrevivência durante períodos de seca, preservando características fisiológicas resultantes da hidratação prévia, demonstrando, assim, que estas sementes apresentam memória hídrica. A memória hídrica de sementes é caracterizada pela habilidade das sementes preservarem mudanças bioquímicas e fisiológicas resultantes da hidratação descontínua (Dubrovsky, 1996; 1998). Além disso, a hidratação descontínua proporciona outras vantagens durante o processo de germinação das sementes, como um aumento significativo da porcentagem de germinação, velocidade e sincronização, além da produção de mudas mais vigorosas (Dubrovsky, 1996; 1998; Aragão *et al.*, 2002;

Sánchez-Soto *et al.*, 2005; Kaya *et al.*, 2006; Rito *et al.*, 2009; López *et al.*, 2016; Gebreegziabher e Qufa, 2017).

A Caatinga é um ecossistema semiárido localizado na região Nordeste do Brasil caracterizado pela deficiência na disponibilidade hídrica durante uma grande parte do ano e pela irregularidade na distribuição das chuvas (Queiroz, 2009; Trovão *et al.*, 2007; Santana e Souto, 2011). Muitas espécies de plantas que habitam esse ecossistema produzem sementes que germinam nas camadas superficiais do solo, onde o recurso hídrico está disponível por um curto período e em quantidade limitada devido ao processo de evaporação, assim, submetendo as sementes aos ciclos de HD durante a germinação (Meiado *et al.*, 2012).

Entre as famílias de Angiospermas presentes na Caatinga e que estão submetidas a tais condições ambientais, a família Fabaceae Lindl. apresenta uma grande diversidade de forma, tamanho, cor e características das sementes, além de muitas apresentarem valor econômico para a região Nordeste do Brasil (Queiroz, 2009; Espírito-Santo *et al.*, 2019). O gênero *Senna* Mill. faz parte da família Fabaceae e compreende cerca de 80 espécies no Brasil, com uma ampla distribuição na Caatinga, sendo um gênero floristicamente importante para esse ecossistema (Souza e Bortoluzzi, 2015). *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby é uma espécie popularmente conhecida como canafístula, canafístula-de-besouro ou cássia-do-nordeste, com distribuição concentrada, principalmente, em áreas de Caatinga (Queiroz, 2009; Souza e Bortoluzzi, 2015). As sementes desta espécie apresentam dormência física e germinam acima de 80% em uma ampla faixa de temperatura, indo de 15 a 36°C. Entretanto, temperaturas entre 24 e 27°C permitem uma maior velocidade de germinação (Jeller e Perez, 1999). Assim, o objetivo deste estudo foi determinar a ocorrência da memória hídrica em *S. spectabilis* var. *excelsa* e avaliar

os efeitos que a hidratação descontínua proporciona durante a germinação das sementes desta espécie submetidas a condições de déficit hídrico.

## **Material e Métodos**

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia de Sementes (LAFISE), na Universidade Federal de Sergipe, Professor Campus Alberto Carvalho, em Itabaiana, Sergipe. A coleta de sementes foi realizada em 10 indivíduos de *S. spectabilis* var. *excelsa* em áreas de Caatinga do município de Brejo Santo (38°52'04,3"W, 7°35'05,2"S e 434 metros de altitude), região Sul do Estado do Ceará. Este lugar é caracterizado pelo clima semiárido (BSh), com temperaturas máximas acima de 32 °C na estação seca. A precipitação anual média é de cerca de 800 mm e a estação chuvosa ocorre entre dezembro e abril, durante a qual ocorre a produção dos frutos de *S. spectabilis* var. *excelsa*, com dispersão de sementes no início da estação seca. (Queiroz, 2009; Climate Data, 2017).

### *Tratamento para superação de dormência das sementes*

Todas as sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* utilizadas neste estudo para a determinação da curva de embebição, curva de desidratação e nos testes de germinação foram previamente escarificadas com ácido sulfúrico (Sigma-Aldrich® P.A., 95-97%) em béqueres de vidro, durante 60 minutos, para superação da dormência física. Após o período de imersão no ácido sulfúrico, as sementes foram lavadas em água corrente durante 10 minutos e secas em papel (adaptado de Jeller e Perez, 1999).

### *Curvas de embebição e de desidratação*

Para determinar a curva de embebição, foram pesadas quatro repetições de 25 sementes em balança analítica para obtenção do peso inicial das sementes. Posteriormente, cada repetição foi colocada em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo duas camadas de papel de filtro umedecidas com 8 mL de água destilada, a uma temperatura de 25 °C, onde cada placa de Petri representou uma repetição. Então, cada repetição foi pesada em intervalos de 60 minutos, após serem colocadas para embeber, até completar o processo de germinação com a protrusão da radícula. Depois de estabelecer a curva de embebição da espécie, foram selecionados três pontos na curva, denominados tempos X, Y e Z, correspondentes a  $\frac{1}{2}$  da fase I,  $\frac{1}{4}$  da fase II e  $\frac{3}{4}$  da fase II do processo de embebição, respectivamente.

Para determinar a curva de desidratação, foram pesadas quatro repetições de 25 sementes em balança analítica para obtenção do peso inicial. Posteriormente, cada repetição foi colocada em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo duas camadas de papel de filtro humedecidas com 8 mL de água destilada a uma temperatura de 25 °C durante um período correspondente ao tempo Z da curva de embebição, onde as sementes absorveram a quantidade máxima de água antes da germinação. Após a hidratação no tempo Z, as repetições foram retiradas do contato com a água, colocadas para secar em bandejas a 25 °C e pesadas em balança analítica em intervalos de 60 minutos, até que o peso das repetições voltasse ao peso inicial.

### *Ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD)*

Os ciclos de HD corresponderam a tratamentos de pré-germinação para avaliar a influência da hidratação descontínua na tolerância de sementes ao déficit hídrico. Para cada tempo estabelecido através da curva de embebição (tempos X, Y e Z), as sementes

foram submetidas a 0 (controle), 1, 2 e 3 ciclos de hidratação com um tempo de desidratação entre cada ciclo correspondente ao tempo de secagem das sementes obtido através da curva de desidratação.

Para avaliação dos cinco potenciais osmóticos testados (ver abaixo a descrição dos procedimentos para avaliação o déficit hídrico), foram necessárias 500 sementes por ciclo, totalizando 2000 sementes para cada tempo de hidratação. A hidratação descontínua das sementes foi realizada em bandejas plásticas contendo duas camadas de papel de filtro humedecidas com 100 mL de água destilada. Para a fase de desidratação, as sementes foram transferidas para bandejas plásticas com papel seco e mantidas a uma temperatura de 25 °C. Cada ciclo correspondeu a uma fase de hidratação seguida de uma fase de desidratação.

#### *Testes de germinação, parâmetros avaliados e análises estatísticas*

A germinação de sementes foi avaliada utilizando água destilada (controle, 0,0 MPa) e sob os potenciais osmóticos de -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa, obtidos com o uso de solução de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) (Villela *et al.*, 1991) na simulação do déficit hídrico. Para cada tratamento, foram utilizadas quatro repetições com 25 sementes, que foram colocadas para germinar em placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo duas camadas de papel de filtro umedecidas com 8 mL de solução de PEG 6000. As placas de Petri foram seladas com plástico parafilm e mantidas sob luz branca (fotoperíodo de 12 h) e 25 °C. O número de sementes germinadas foi contado diariamente, durante um período de 20 dias, e a protrusão radicular foi considerada como critério para a germinação das sementes (Jeller e Perez, 2003).

No final do experimento, foram calculados usando o *software* GerminaQuant (Marques *et al.*, 2015) a germinabilidade ( $G = \%$ ) e o tempo médio de germinação

[ $TMG = \sum_{i=1}^k n_i t_i / \sum_{i=1}^k n_i$  ; onde  $t_i$  é o período entre o início do experimento e a  $i$ -ésima observação (dias) e  $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente à  $i$ -ésima observação)] (Labouriau, 1983). Antes da análise estatística, os dados de germinabilidade obtidos sofreram uma transformação angular (arco seno  $\sqrt{\%}$ ).

Para cada tratamento (ciclos de HD e potenciais osmóticos), a porcentagem de germinação foi plotada em função do tempo e uma curva sigmoideal de Boltzman foi criada utilizando o *software* Origin® 9, a partir do qual o tempo para atingir 10 a 90% de germinação das sementes foi estimado. A recíproca desses tempos (taxa de germinação) foi plotada contra o potencial osmótico (Gummerson, 1986). As regressões lineares em cada fração foram utilizadas para estimar o intercepto  $x$  e a inclinação de cada linha de regressão. Uma média da intercepção  $x$  resultou no potencial osmótico base ( $\psi_b$ ), abaixo do qual as sementes não germinam (Gummerson, 1986). Para cada tratamento, o tempo hídrico ( $\theta_H$  MPa d<sup>-1</sup>) para a germinação ( $g$ ) foi calculado como:  $\theta_H = (\Psi - \Psi_b)t_g$ , em que  $\Psi$  é o potencial osmótico real;  $\psi_b$  é o potencial osmótico base e  $t_g$  é o tempo desde o início da embebição (Gummerson, 1986).

A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram verificadas através dos testes Shapiro-Wilk e Levene. Os resultados foram submetidos à análise de variância fatorial com três fatores (tempo de hidratação, número de ciclos de HD e potencial osmótico) e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey (Ranal e Santana, 2006). Todas as análises foram realizadas no programa STATISTICA 13 com  $\alpha = 5\%$  (StatSoft, 2016).

## Resultados e Discussão

A curva de embebição de *S. spectabilis* var. *excelsa* apresentou um padrão trifásico, com germinação ocorrendo após 28 horas do início da hidratação das sementes (Figura 1.1A). Os tempos de hidratação X, Y e Z corresponderam a 6, 16 e 24 horas, respectivamente, e as sementes embebidas levaram 5 horas para desidratar e retornar ao peso inicial (Figura 1.1B). Curvas de embebição com padrão trifásico também já foram observadas em *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Dantas *et al.*, 2008a), *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Dantas *et al.*, 2008b) e *Bowdichia virgilioides* Kunth (Albuquerque *et al.*, 2009).

Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* que não passaram pelos ciclos de HD tiveram sua germinabilidade afetada a medida que foram submetidas a maiores condições de déficit hídrico, germinando até o potencial de -0,6 MPa, apresentando uma germinação inferior a 20% e não foi observada germinação no potencial -0,9 MPa (Figuras 1.2a, 1.2c e 1.2e). Entretanto, quando as sementes da espécie foram submetidas aos ciclos de HD, foi observado um aumento na tolerância ao déficit hídrico, ocorrendo germinação em todos os tratamentos avaliados (Figuras 1.2a, 1.2c e 1.2e). Além disso, a germinabilidade também foi influenciada pelos diferentes tempos de hidratação usados durante os ciclos de HD ( $F = 83,634$ ;  $gl = 2$ ;  $p < 0,0001$ ).

A redução na germinabilidade de *S. spectabilis* var. *excelsa* em decorrência do potencial osmótico pode ser explicada devido à alta viscosidade característica do PEG 6000 e seu efeito de reduzir a solubilidade e a difusão do oxigênio a medida que a concentração da solução aumenta (Higen *et al.*, 2015), isso significa que o aumento da quantidade PEG 6000 usado na solução para simular o déficit hídrico reduziram as condições requeridas para a germinação das sementes e, conseqüentemente, reduziu a germinabilidade observada. Essa redução observada na germinabilidade das sementes



de *S. spectabilis* var. *excelsa* devido às elevadas condições de déficit hídrico também já foi observada na germinação de outras espécies arbóreas que também ocorrem na Caatinga como, exemplo, *Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto (Rubiaceae) (Oliveira *et al.*, 2017), *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) (Azerêdo *et al.*, 2016), *Ceiba glaziovii* (Kuntze) K. Schum. (Malvaceae) (Silva *et al.*, 2016), *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth (Fabaceae) (Nogueira *et al.*, 2017) e *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) (Lima e Torres, 2009).

Apesar das sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* mostrarem sensibilidade ao déficit hídrico, reduzindo a germinabilidade com a redução do potencial osmótico das soluções, sementes que foram submetidas a ciclos de HD desenvolveram uma maior tolerância as condições de estresse avaliadas, indicando que a passagem pelos ciclos de HD é fundamental para o desenvolvimento dessa capacidade de germinar em potenciais osmóticos baixos. Assim como em *S. spectabilis* var. *excelsa*, os ciclos de HD também promoveram um aumento na tolerância ao déficit hídrico durante a germinação de sementes de *Pilosocereus catingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) (Lima e Meiado, 2017), *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae) (Ashrafi e Razmjoo, 2015), *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Schultz Bip. (Asteraceae) (Li *et al.*, 2011) e *x Triticosecale* (Yagmur e Kaydan, 2008).

A aquisição de tolerância das sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* aos potenciais osmóticos baixos após a passagem pelos ciclos de HD se deve a uma melhoria nos eventos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem durante o processo germinativo dessas sementes. Essa tolerância pode estar relacionada com a acumulação de proteínas LEA durante os ciclos de HD, as quais são responsáveis pelo aumento da tolerância à dessecação em sementes (Chen e Arora, 2013). Sementes que passaram por hidratação descontínua apresentaram protoplasma com menor viscosidade e maior

permeabilidade à água (Thomas *et al.*, 2000). Isso pode explicar a germinação das sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* mesmo em condições severas de déficit hídrico, após a passagem pelos ciclos de HD, adquirindo a capacidade de aproveitar melhor a baixa disponibilidade hídrica nos potenciais osmóticos mais baixos.

O TMG das sementes da espécie estudada também foi influenciado significativamente pela interação entre os ciclos, os tempos de hidratação (6, 16 e 24 horas) e os potenciais osmóticos usados nas condições simuladas de déficit hídrico ( $F = 34,476$ ;  $gl = 18$ ;  $p < 0,0001$ ). Essa influência pode ser observada em sementes que não passaram pelos ciclos de HD e tiveram seu TMG alterado de  $1,70 \pm 0,08$  dias em  $0,0$  MPa para  $3,57 \pm 0,25$  dias em  $-0,3$  MPa (Tabela 1.1). Entretanto, quando submetidas a ciclos de HD de 16 horas de hidratação, as sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* tiveram seu TMG reduzido de  $8,40 \pm 1,65$  dias, no caso das sementes submetidas a um ciclo de HD e colocadas para germinar no potencial  $-0,3$  MPa, para  $5,45 \pm 0,83$  dias quando essas sementes passaram por três ciclos de HD e foram colocadas para germinar no mesmo potencial osmótico (Tabela 1.1).

O déficit hídrico imposto nas sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* que não foram submetidas a ciclos de HD induziu um aumento no TMG, indicando que os potenciais osmóticos mais baixos atrasam o processo de embebição dessas sementes. Porém, quando submetidas a ciclos de HD de 16 horas de hidratação, o benefício desse tratamento nas sementes se torna evidente, uma vez que promove uma rápida absorção de água depois dos ciclos de HD, reduzindo o TMG (Tabela 1.1). Kaya *et al.* (2006) em experimentos com sementes de *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) também verificaram o benefício da hidratação e desidratação para as sementes dessa espécie quando o TMG foi avaliado sob condições de déficit hídrico e comparado com as sementes do grupo controle.

Os modelos gerados a partir da taxa de germinação de *S. spectabilis* var. *excelsa* indicaram que os ciclos de HD proporcionaram às sementes aquisição de tolerância ao déficit hídrico (Figuras 1.2b, 1.2d e 1.2f). Entre os três tempos de hidratação dos ciclos de HD avaliados no presente estudo, 16 horas conferiu maior tolerância ao déficit hídrico com o aumento dos ciclos de HD (Figuras 1.2c e 1.2d), com a redução dos valores de  $\psi_b$  de -0,74 em sementes do tratamento controle para -1,85 MPa em sementes submetidas a três ciclos de HD no tempo Y (Tabela 1.2). Os benefícios promovidos pelos ciclos de HD com 16 horas de hidratação são mais evidentes em tratamentos de maior restrição hídrica, onde é possível observar um aumento de 14 e 12% na germinação de sementes que foram submetidas aos tratamentos de -0,6 e -0,9 MPa, respectivamente (Figura 1.2d).

Por outro lado, ciclos de HD com apenas 6 horas de hidratação não proporcionaram um aumento na tolerância ao déficit hídrico (Figura 1.2a), e não foi observado um aumento significativo na germinabilidade de sementes submetidas ao déficit hídrico (Figura 1.2b). As sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* que passaram pelos ciclos de HD com 24 horas de hidratação tornaram-se mais tolerantes as condições de déficit hídrico, sendo observada uma redução do valor de  $\psi_b$  de -0,81 para -1,17 MPa após dois ciclos de HD (Tabela 1.2). Entretanto, apesar dessas sementes se tornarem mais tolerantes após os ciclos de HD, a germinabilidade das sementes submetidas a ciclos de HD com 24 horas de hidratação foi reduzida de forma significativa em todos os potenciais osmóticos avaliado nesse estudo.

Os valores de  $\theta_H$  também foram influenciados pelos ciclos de HD, nos diferentes tempos de hidratação avaliados. Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* que foram submetidas a ciclos de HD com 6 horas de hidratação apresentaram um aumento gradual do  $\theta_H$  à medida que as sementes foram condicionadas a um maior número de

ciclos de HD (Tabela 1.2). Diferentemente das sementes que passaram pelos ciclos de HD com 6 horas de hidratação, as sementes submetidas a ciclos de HD com 24 horas de hidratação apresentaram uma redução dos valores de  $\theta_H$  à medida que o número de ciclos de HD aumentou (Tabela 1.2). Após os ciclos de HD com 6 horas de hidratação, as sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* apresentaram uma redução no valor do  $\theta_H$  do controle para um ciclo de HD, entretanto o valor do  $\theta_H$  aumentou novamente à medida que as sementes foram submetidas a mais ciclos de HD (Tabela 1.2).

A redução dos valores do  $\psi_b$  e  $\theta_H$  das sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* que passaram pelos ciclos de HD e foram submetidas as condições de baixo potencial osmótico indica que os ciclos de HD são benéficos em tempos específicos de hidratação para a espécie estudada e promovem um aumento no limite fisiológico para ocorrência da protrusão radicular, permitindo essas sementes germinarem em potenciais osmóticos baixos como, por exemplo, em -0,6 e -0,9 MPa. Bradford e Still (2004) atribuíram a redução dos valores do  $\psi_b$  ao aumento da tolerância das sementes ao estresse avaliado. Casenave e Toselli (2010) também observaram, em experimentos com sementes de melão, uma redução no  $\theta_H$  de 0,982 MPa d<sup>-1</sup> em sementes do grupo controle para 0,615 MPa d<sup>-1</sup> em sementes que passaram por 16 horas de hidratação prévia. Isso demonstra que os ciclos de HD podem proporcionar rápida absorção de água, reduzindo o tempo requerido para que o processo de germinação seja completado.

## Conclusões

Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* são sensíveis aos baixos potenciais osmóticos testados neste estudo, entretanto, quando essas sementes são submetidas a ciclos de HD com 16 horas de hidratação, há um aumento na tolerância as condições de déficit hídrico. Além disso, os benefícios observados nos parâmetros germinativos

avaliados demonstram que as sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* apresentam memória hídrica.

## Referências

**Albuquerque, K. S.; Guimarães, R. M.; Almeida, I. F.; Clemente, A. C. S.** (2009). Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 31, n. 1, p. 12-19.

**Aragão, C. A.; Dantas, B. F.; Alves, E.; Corrêa, M. F.** (2002). Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação e secagem. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 1, p. 87-92.

**Ashrafi, E.; Razmjoo, J.** (2015). Seed treatment to overcome salt and drought stresses during germination in safflower (*Carthmus tinctorius* L.). *Journal of Plant Nutrition*, v. 38, n. 14, p. 1-17.

**Azerêdo, G. A.; Paula, R. C.; Valeri, S. V.** (2016). Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, p. 193-202.

**Baskin, C. C.; Baskin, J. M.** (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press.

**Bradford, K. J.; Still, D. W.** (2004). Applications of hydrotim analysis in seed testing. *Seed Technology*, v. 26, n. 1, p. 75-85.

**Casenave, E. C.; Toselli, M. E.** (2010). Germination of melon seeds under water and heat stress: Hydropriming and the hydrotim model. *Seed Science and Technology*, v. 38, n. 2, p. 409-420.

- Chen, K.; Arora, R.** (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, v. 94, n. 1, p. 33-45.
- Climate Data.** (2017) *Dados Climáticos para cidades mundiais*. <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- Dantas, B. F.; Correia, J. S.; Marinho, L. B.; Aragão, C. A.** (2008). Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 1, p. 221-227.
- Dantas, B. F.; Soares, F. S. J.; Lúcio, A. A.; Aragão, C. A.** (2008b). Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 2, p. 214-219.
- Dubrovsky, J. G.** (1998). Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 125, n. 1, p. 33-39.
- Dubrovsky, J. G.** (1996). Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, v. 83, n. 5, p. 624-632.
- Espírito-Santo, F. S.; Siqueira-Filho, J. A.; Junior-Melo, J. C. F.; Gervásio, E. S.; Oliveira, A. M. B.** (2010). Quanto vale as sementes da Caatinga? Uma proposta metodológica. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 3, p. 137-144.
- Fenner, M.; Thompson, K.** (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gebreegiabher, B. G.; Qufa, C. A.** (2017). Plant physiological stimulation by seeds salt priming in maize (*Zea mays*): Prospect for salt tolerance. *African Journal of Biotechnology*, v. 16, n. 5, p. 209-223.

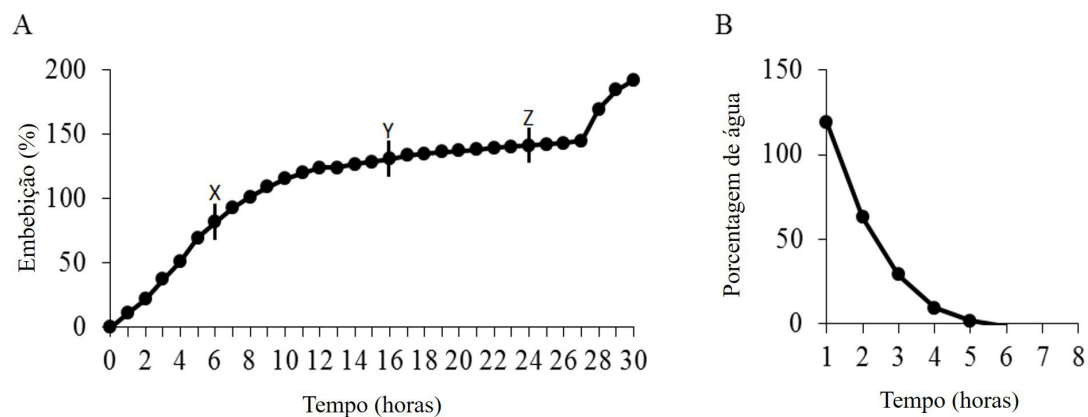
- Gummerson, R. J.** (1986). The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany*, v. 37, n. 6, p. 729-741.
- Hinge, P.; Kale, A.; Pawar, B.; Jadhav, A.; Chimote, V.; Gadakh, S.** (2015). Effect of PEG induced water stress on chlorophyll content, membrane injury index, osmoprotectants and antioxidant enzymes activities in sorghum (*Sorghum bicolor* (L) (Moench)). *Maydica*, v. 60, n. 1.
- Jeller, H.; Perez, S. C. J. G. A.** (1999). Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n. 1, p. 32-40.
- Jeller, H.; Perez, S. C. J. G. A.** (2003). Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 9, p. 1025-1034.
- Kaya, M. D.; Okçu, G.; Atak, M.; Çikili, Y.; Kolsarici, Ö.** (2006). Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, v. 24, n. 4, p. 291-295.
- Labouriau, L. G.** (1983). *A germinação das sementes*. Washington: Secretaria da OEA.
- Li, J.; Yin, L. Y.; Jongsma, M. A.; Wang, C. Y.** (2011). Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). *Industrial Crops and Products*, v. 34, n. 3, p. 1543-1549.
- Lima, A. T.; Meiado, M. V.** (2017). Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research*, v. 27, n. 4, p. 292-302.

- Lima, B. G.; Torres, S. B.** (2009). Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). *Revista Caatinga*, v. 22, n. 4, p. 93-99.
- López, L. V. P.; Rodríguez, A. R.; Coronado, M. E. S.; Hernández, P. E. M.; Segovia, A. O.** (2016). Effects of hydropriming treatments on the invigoration of aged *Dodonaea viscosa* seeds and water-holding polymer on the improvement of seedling growth in a lava field. *Restoration Ecology*, v. 24, n. 1, p. 61-70.
- Marques, F. R. F.; Meiado, M. V.; Castro, N. M. C. R.; Campos, M. L. O.; Mendes, K. R.; Santos, O. O.; Pompelli, M. F.** (2015) GerminaQuant: A new tool for germination measurements. *Journal of Seed Science*, v. 37, n. 3, p. 248-255.
- Meiado, M. V.; Silva, F. F. S.; Barbosa, D. C. A.; Siqueira Filho, J. A.** (2012). Diaspores of the Caatinga: A Review. In: Siqueira Filho, J. A. (Org.). *Flora of the Caatingas of the São Francisco River – Natural History and Conservation*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, p. 306-365.
- Nogueira, N. W.; Torres, S. B.; Freitas, R. M. O.; Castro, T. H. S.; Sá, F. V. S.** (2017). 'Jurema-de-embira' seed germination under water stress and at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 4, p. 244-248.
- Oliveira, F. N.; Oliveira, J. R.; Torres, S. B.; Freitas, R. M. O.; Nogueira, N. W.** (2017). Germination and initial development of *Simira gardneriana* seedling under water stress and at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 5, p. 333-338.
- Popinigis, F.** (1985). *Fisiologia da semente*. Brasília.
- Queiroz, L. P.** (2009). *Leguminosas da Caatinga*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana.

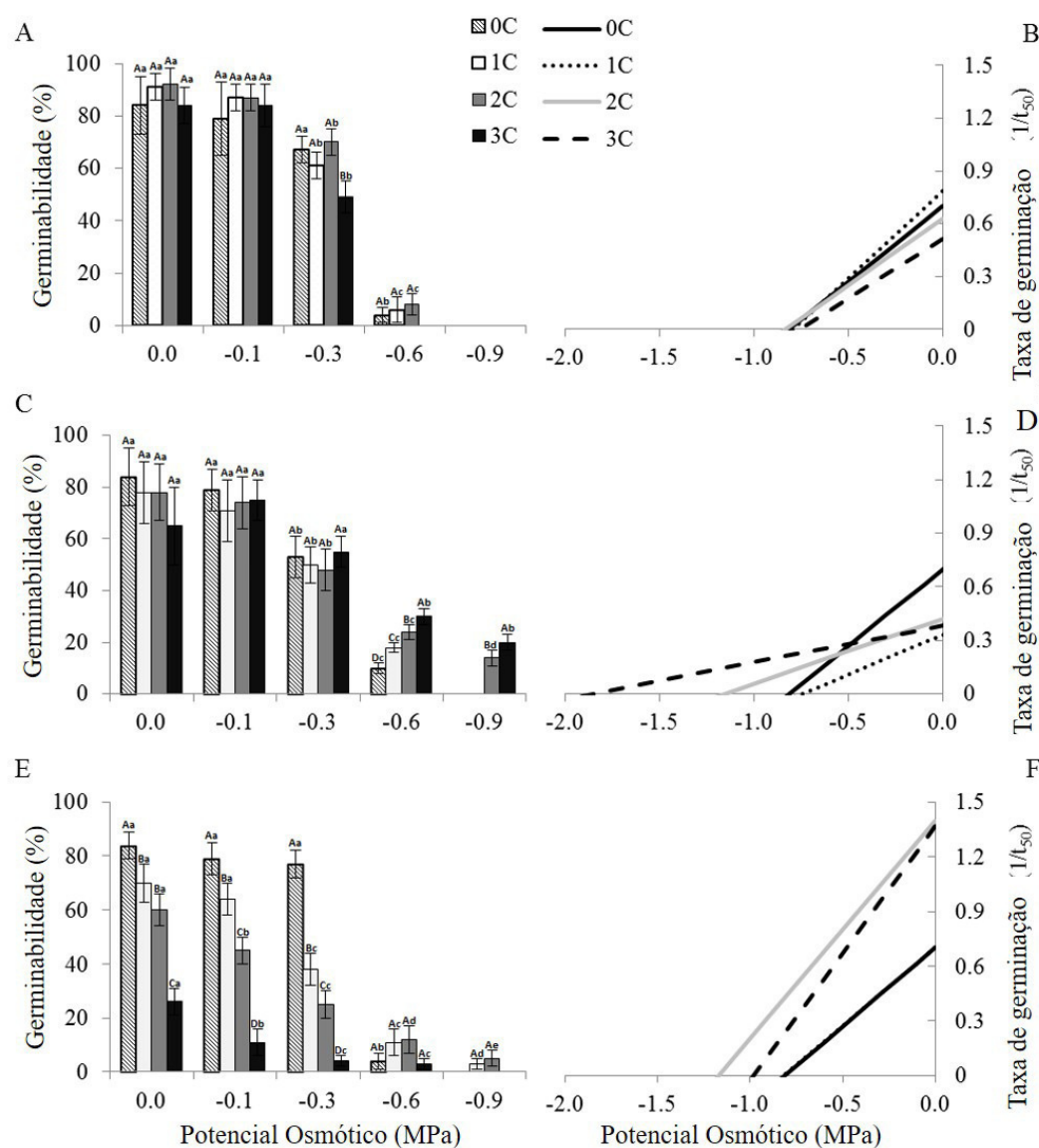


- Ranal, M. A.; Santana, D. G.** (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n. 1, p. 1-11.
- Rito, K. F.; Rocha, E. A.; Leal, I. R.; Meiado, M. V.** (2009). As sementes de mandacaru têm memória hídrica? *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, v. 6, n. 1, p. 26-31.
- Sánchez-Soto, B. H.; García-Moya, E.; Terrazas, T.; Reys-Olivas, A.** (2005) Efecto de la hidratación discontinua sobre la germinación de tres cactáceas del desierto costero de Topolobambo, Ahome, Sinaloa. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, v. 50, n. 1, p. 4-14.
- Santana, J. A. S.; Souto, J. S.** (2011). Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia*, v. 29, n. 2, p. 87-94.
- Silva, M. L. M.; Alves, E. U.; Bruno, R. L. A.; Santos-Moura, S. S; Santos-Neto, A. P.** (2006). Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 3, p. 999-1007.
- Souza, V. C.; Bortoluzzi, R. L. C.** (2017). *Senna*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23149>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- Statsoft.** (2016). STATISTICA 13. StatSoft South America. <http://www.statsoft.com.br>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A.** (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.
- Thomas, U. C.; Varughese, K.; Thomas, A.; Sadanandan, S.** (2000) Seed Priming – For increased vigour, viability and productivity of upland rice. *LEISA India*, v. 2, n. 4, p. 14.

- Trovão, D. M. B. M.; Fernandes, P. D.; Andrade, L. A.; Dantas-Neto, J.** (2007). Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 307-311.
- Villela, F. A.; Doni-Filho, L.; Sequeira, E. L.** (1991). Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968.
- Yagmur, M.; Kaydan, D.** (2008). Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal of Biotechnology*, v. 7, n. 13, p. 2156-2162.



**Figura 1.1.** (A) Curva de Embebição e (B) Curva de Desidratação de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrud.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae).



**Figura 1.2.** Germinabilidade (%) e taxa de germinação (1/t<sub>50</sub>) de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) que passaram por 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação e desidratação (0C, 1C, 2C e 3C, respectivamente) em diferentes tempos de hidratação (A e B - Tempo X: 6 horas, C e D - Tempo Y: 16 horas, E e F - Tempo Z: 24 horas) e foram submetidos a condições de déficit hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Nas figuras A, C e E os dados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras maiúsculas comparam ciclos diferentes com o mesmo potencial osmótico. Letras minúsculas comparam o mesmo ciclo em diferentes potenciais osmóticos.

**Tabela 1.1.** Potencial osmótico base ( $\psi_b$  – MPa) e tempo hídrico para germinação ( $\theta_H$  – MPa d<sup>-1</sup>) de sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) que passaram por ciclos de hidratação e desidratação (0, 1, 2 e 3 ciclos) nos tempos X (6 horas), Y (16 horas) e Z (24 horas) e foram submetidos à água estresse.

Tempo	Ciclo	$\psi_b$ – MPa	$\theta_H$ – MPa d <sup>-1</sup>
X (6 horas)	0	-0,7412	1,1630
	1	-0,7950	1,1133
	2	-0,8360	1,3308
	3	-0,7574	1,4686
Y (16 horas)	0	-0,7412	1,1630
	1	-0,8139	2,2346
	2	-1,1542	2,7295
	3	-1,8476	4,8144
Z (24 horas)	0	-0,7412	1,1630
	1	-0,8180	1,1668
	2	-1,1699	0,8365
	3	-0,9812	0,7170

**Tabela 1.2.** Tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) submetidas a ciclos de hidratação e desidratação e submetidas ao déficit hídrico em diferentes potenciais osmóticos. Dados expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras maiúsculas comparam ciclos diferentes com o mesmo potencial osmótico. Letras minúsculas comparam o mesmo ciclo em diferentes potenciais osmóticos.

Tempo X (6 horas)	0,0 MPa	-0,1 Mpa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	-0,9 MPa
0 Ciclo	1,70 $\pm$ 0,08 Bd	2,42 $\pm$ 0,23 Ac	3,57 $\pm$ 0,25 Ab	8,3 $\pm$ 0,57 Aa	-
1 Ciclo	1,37 $\pm$ 0,12 Cc	2,22 $\pm$ 0,15 Ab	4,12 $\pm$ 0,78 Aa	1,75 $\pm$ 3,5 Cb	-
2 Ciclos	1,90 $\pm$ 0,08 Ad	2,42 $\pm$ 0,09 Ac	4,22 $\pm$ 0,59 Ab	6,05 $\pm$ 0,91 Ba	-
3 Ciclos	2,10 $\pm$ 0,11 Ab	2,42 $\pm$ 0,22 Ab	4,97 $\pm$ 0,42 Aa	-	-
Tempo Y (16 horas)	0,0 MPa	-0,1 Mpa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	-0,9 MPa
0 Ciclo	1,70 $\pm$ 0,08 Cd	2,42 $\pm$ 0,23 Bc	3,57 $\pm$ 0,25 Bb	8,3 $\pm$ 0,57 Aa	-
1 Ciclo	2,15 $\pm$ 0,12 Bc	4,79 $\pm$ 0,99 Ab	8,40 $\pm$ 1,65 Aa	4,37 $\pm$ 0,9 Bb	-
2 Ciclos	2,42 $\pm$ 0,09 Bc	3,82 $\pm$ 0,46 Ab	6,25 $\pm$ 0,64 Aa	3,57 $\pm$ 1,12 Bb	3,50 $\pm$ 4,12 Ab
3 Ciclos	2,80 $\pm$ 0,27 Ab	4,55 $\pm$ 1,06 Aa	5,45 $\pm$ 0,83 Aa	4,05 $\pm$ 0,1 Ba	3,62 $\pm$ 2,80 Aa
Tempo Z (24 horas)	0,0 MPa	-0,1 Mpa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	-0,9 MPa
0 Ciclo	1,70 $\pm$ 0,08 Ad	2,42 $\pm$ 0,23 Ac	3,57 $\pm$ 0,25 Ab	8,3 $\pm$ 0,57 Aa	-
1 Ciclo	1,67 $\pm$ 0,05 Ab	2,50 $\pm$ 0,37 Aa	3,90 $\pm$ 0,92 Aa	4,75 $\pm$ 3,31 Ba	1,25 $\pm$ 1,25 Ab
2 Ciclos	1,25 $\pm$ 0,05 Ba	1,62 $\pm$ 0,23 Ba	1,82 $\pm$ 0,55 Ba	1,30 $\pm$ 0,47 Ca	1,25 $\pm$ 1,89 Aa
3 Ciclos	1,25 $\pm$ 0,19 Ba	1,00 $\pm$ 0,71 Ba	1,50 $\pm$ 1,00 Ba	2,00 $\pm$ 2,16 Ca	-

## Capítulo II

Publicado no **South African Journal of Botany**, v.116, p. 164-167, 2018 (Anexos).

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.03.017>

**Efeito dos ciclos de hidratação e desidratação em sementes de *Mimosa tenuiflora* durante a germinação e o desenvolvimento inicial**

Ayslan Trindade Lima<sup>1,2,\*</sup> e Marcos Vinicius Meiado<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia de Sementes, Departamento de Biociências, UFS, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, UFS, 49100-000 - São Cristóvão, SE, Brasil.

\* Autor para correspondência: [tl.ayslan@gmail.com](mailto:tl.ayslan@gmail.com)



**Resumo** – A descontinuidade durante o processo de embebição em sementes em ecossistemas áridos e semiáridos produz ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD). O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito dos ciclos de HD na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de *Mimosa tenuiflora*, avaliando a hipótese de que sementes que passam pelos de HD produzem plântulas maiores com maior acumulação de biomassa. Sementes de *M. tenuiflora* foram submetidas a 0, 1, 2 e 3 ciclos de HD. Foram avaliados parâmetros germinativos e de desenvolvimento inicial. Apesar da germinabilidade das sementes não ter sido alterada entre os tratamentos, sementes de *M. tenuiflora* que foram submetidas a ciclos de HD germinaram em um menor espaço de tempo. Além disso, plântulas produzidas a partir de sementes que foram submetidas aos ciclos de HD apresentaram maior comprimento da parte aérea, maior diâmetro do caule e maiores valores de massa seca de folhas, caule e raízes. Os ciclos de HD proporcionaram o fenômeno da memória hídrica de sementes, o qual pode apresentar implicações ecológicas para a espécie, uma vez que sementes que foram submetidas a hidratação descontínua durante o processo de embebição produziram plântulas mais vigorosas.

**Palavras-chave:** crescimento inicial, hidratação descontínua, memória hídrica de sementes, jurema-preta, Caatinga.

## **Effect of hydration and dehydration cycles on *Mimosa tenuiflora* seeds during germination and initial development**

**Abstract** – Discontinuity during the process of imbibition in seed germination in arid and semi-arid ecosystems produces cycles of hydration and dehydration (HD cycles). The aim of this study was to evaluate the effect of HD cycles on germination and initial growth of *Mimosa tenuiflora* seedlings, testing the hypothesis that seeds that pass through HD cycles produce larger seedlings with greater accumulation of biomass. Seeds of *M. tenuiflora* were submitted to 0, 1, 2 and 3 HD cycles. We evaluated parameters of germination and initial seedling growth. Although seed germinability did not change, *M. tenuiflora* seeds that were submitted to HD cycles germinated in a shorter time than seeds with continuous hydration. In addition, seedlings produced from seeds that were submitted to HD cycles had longer stems, larger stem diameter and higher leaf, stem and root dry mass values. HD cycle produced the seed hydration memory phenomenon, which may have ecological implications for the species, since the seeds that underwent HD cycles produced more vigorous seedlings.

**Key-words:** initial growth, discontinuous hydration, seed hydration memory, jurema-preta, Caatinga.

## Introdução

A descontinuidade durante o processo de absorção de água em sementes que germinam em ecossistemas áridos e semiáridos produz ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD), os quais desempenham um importante papel na persistência e dinâmica das plantas nesses ecossistemas (Wilson e Witkowski, 1998; Meiado, 2013; Lima e Meiado, 2017). Sementes submetidas a ciclos de HD apresentam alta taxa de sobrevivência durante a dessecação, demonstrando que essas sementes apresentam memória hídrica das sementes, a qual preserva características adquiridas a partir do evento prévio de hidratação (Dubrovsky, 1996, 1998). O processo de estabelecimento e desenvolvimento de plântulas também pode ser beneficiado pelos ciclos de HD, alterando o sucesso reprodutivo dessas espécies que ocorrem em ecossistemas áridos e semiáridos (Dubrovsky, 1996).

A Caatinga é uma floresta tropical seca localizada na região Nordeste do Brasil. É caracterizada pela falta de disponibilidade hídrica durante a maior parte do ano e pela irregularidade temporal da distribuição das chuvas (Queiroz, 2009; Santana e Souto, 2011; Barbosa e Kumar, 2016). As sementes de muitas espécies que habitam esse ecossistema germinam nas camadas superficiais do solo, onde o recurso hídrico fica disponível por um curto período e é limitado em quantidade devido ao processo de evaporação, causando ciclos de HD nas sementes (Meiado *et al.*, 2012).

*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae), conhecida popularmente como jurema ou jurema-preta, é uma espécie que ocorre frequentemente em regiões que apresentam um clima caracterizado por apresentar secas periódicas (Santos-Silva *et al.*, 2015). No Brasil, essa espécie é nativa e se distribui amplamente em áreas de Caatinga arbustiva e solos arenosos. As sementes de *M. tenuiflora* apresentam dormência física, o que impede a absorção de água (Azevêdo *et al.*, 2012). Na natureza, a dormência física

é superada pela variação da temperatura ambiental, ação de agentes microbianos ou através da ingestão feita por animais (Camargo-Ricalde e Grether, 1998). As sementes de *M. tenuiflora*, as quais são dispersas durante o período de seca, são submetidas a condições que promovem a superação da dormência até o início da estação chuvosa, quando podem embeber e germinar (Camargo-Ricalde e Grether, 1998). Na Caatinga, a embebição pode ser interrompida devida as condições climáticas do ecossistema, fazendo com que as sementes sejam submetidas aos ciclos de HD (Meiado *et al.*, 2012).

*Mimosa tenuiflora* é resistente ao déficit hídrico durante o processo germinativo, o que explica, parcialmente, sua distribuição em regiões de clima semiárido do Brasil (Bakke *et al.*, 2006). De acordo com Azevêdo *et al.* (2012), as plântulas de *M. tenuiflora* são capazes de se desenvolver em solos de áreas degradadas devido a sua rusticidade. Além disso, essa espécie apresenta rápido crescimento, sendo uma espécie importante em programas de recuperação de áreas degradadas (Queiroz, 2009). Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos dos ciclos de HD na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas de *M. tenuiflora*, verificando a hipótese de que sementes que são submetidas a ciclos de HD produzem mudas mais vigorosas.

## **Material e Métodos**

Sementes de *M. tenuiflora* foram coletadas de 20 indivíduos de uma mesma população estabelecida em área de Caatinga no município de Barro, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Esse local apresenta temperatura máxima de 32,5°C na estação seca e a média pluviométrica anual é de 896 mm (Climate Data, 2017). Após a coleta, as sementes foram armazenadas em câmara fria (8° C) por um período de 6 meses.

### *Ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD)*

Todas as sementes de *M. tenuiflora* usadas nesse estudo foram previamente imersas em água fervente (100 °C) durante 10 segundos e, então, lavadas em água corrente a 25 °C para superação da dormência física. Para estabelecer a curva de embebição, quatro repetições de 25 sementes foram pesadas em balança analítica (com quatro casas decimais) para obtenção do peso inicial. Posteriormente, cada repetição foi colocada em uma placa de Petri contendo duas camadas de papel filtro umedecidas com 8 mL de água destilada em uma temperatura de 25 °C, onde cada placa de Petri representou uma repetição. A partir disso, cada repetição foi pesada em intervalos de 60 minutos, após serem colocadas para embeber, até as sementes completarem seu processo germinativo com a protrusão radicular. Após o estabelecimento da curva de embebição da espécie, um ponto na curva foi selecionado para os tratamentos de hidratação, correspondente a ½ da fase I.

As sementes foram submetidas a 0 (controle), 1, 2 e 3 ciclos de HD. Foram usadas 50 sementes por ciclo e cada amostra foi inicialmente pesada em balança analítica. As sementes foram hidratadas durante 3 horas em bandejas de plástico contendo duas camadas de papel filtro umedecidas com água destilada, seladas com plástico transparente e mantidas em temperatura ambiente (25 °C). Para a desidratação, as sementes foram colocadas em bandejas plásticas contendo papel filtro seco e pesadas em intervalos de uma hora até as sementes retornarem ao seu peso inicial. A desidratação também foi realizada em temperatura ambiente (25° C). O tempo de desidratação correspondeu a 6 horas.

### *Avaliação da germinação das sementes e do desenvolvimento inicial das plântulas*

Após os tratamentos de ciclos de HD, as sementes foram colocadas para germinar em recipientes plásticos contendo solo como substrato. As sementes foram enterradas a 2 cm de profundidade e os recipientes plásticos foram mantidas em casa de vegetação com irrigação diária de acordo com a capacidade de campo (Santos *et al.*, 2017). Cada tratamento (0, 1, 2 e 3 ciclos de HD) foi composto de 10 repetições contendo 5 sementes por repetição. O número de sementes germinadas por repetição foi contado diariamente durante um período de 10 dias e o critério utilizada para essa avaliação foi a emergência da plântula. A emergência foi definida como a primeira aparição da plântula na superfície do solo (Forcella *et al.*, 2000).

Após 10 dias, uma plântula em cada repetição foi selecionada de acordo com a uniformidade da altura e número de folhas (Alcântara *et al.*, 2016). Essas plântulas foram irrigadas diariamente durante um período de 2 meses de acordo com a capacidade de campo (Santos *et al.*, 2017). Após esse período, foi avaliado o comprimento do caule e da raiz com uma régua e mensurado o diâmetro do caule utilizando um paquímetro digital. Além disso, o número de folhas e folíolos de cada plântula foi mensurado. O peso seco das folhas, caule e raízes também foi mensurado. Para determinação desse parâmetro, as folhas, caule e raízes foram separados utilizando uma tesoura, armazenados em sacos de papel e colocados para secar em estufa com circulação de ar em uma temperatura de 70°C durante 72 horas antes da pesagem. As plântulas vigorosas foram consideradas como plântulas com maiores comprimentos e maiores valores de biomassa.

## Análises estatísticas

Para avaliar o efeito dos ciclos de HD na germinação das sementes, foram calculados no software GerminaQuant 1.0 (Marques *et al.*, 2015) a germinabilidade (%) e o índice de sincronização ( $U = -\sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$  onde  $f_i$  é o valor de germinação relativa [*i.e.* a proporção de sementes germinadas em um intervalo de tempo]). O tempo para obtenção de 50% das sementes germinadas ( $T_{50}$ ) também foi calculado, ( $T_{50} = t_i + [(N/2 - n_i)(t_j - t_i)/(n_j - n_i)$  onde  $N$  é o número final de sementes germinadas e  $n_j$  e  $n_i$  é o número acumulado de sementes germinadas por contagens adjacentes nos tempos  $t_j$  e  $t_i$ , respectivamente, quando  $n_i < N/2 < n_j$ ) (Farooq *et al.*, 2005). Foi usado o teste ANOVA um-fator para analisar as diferenças estatísticas entre os parâmetros avaliados. Todas as análises foram realizadas no STATISTICA 13 com  $\alpha = 5\%$  (StatSoft, 2017).

## Resultados e Discussão

O  $T_{50}$  foi significativamente influenciado pelos tratamentos de hidratação e desidratação ( $F = 7,9148$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,0035$ ). Houve uma redução de aproximadamente 50% dos valores de  $T_{50}$  após as sementes serem submetidas a 1, 2 e 3 ciclos de HD. Entretanto, a germinabilidade das sementes de *M. tenuiflora* entre os tratamentos controle ( $78,0 \pm 17,5\%$ ), 1 ciclo ( $72,0 \pm 26,9$ ), 2 ciclos ( $64,0 \pm 22,7\%$ ) e 3 ciclos de hidratação e desidratação ( $60,0 \pm 26,6\%$ ) não diferiu estatisticamente ( $F = 1,1493$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,3424$ ).

As plântulas de *M. tenuiflora* produzidas a partir de sementes que foram submetidas a ciclos de HD apresentaram diferenças significativas em alguns parâmetros de desenvolvimento inicial avaliados. Em comparação ao tratamento controle, sementes que passaram pelos ciclos de HD produziram plântulas com maior comprimento de caule ( $F = 7,019$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,0003$ ) (Figura 2.1a), maior diâmetro do caule ( $F = 4,828$ ;

gl = 3; p = 0,0063) (Figura 2.1c) e maiores valores de biomassa das folhas (F = 4,52; gl = 3; p = 0,008) (Figura 2.1d), caules (F = 4,7; gl = 3; p = 0,007) (Figura 2.1e) e raízes (F = 7,2; gl = 3; p = 0,0006) (Figura 2.1f). Por outro lado, foi observado que os ciclos de HD aos quais as sementes de *M. tenuiflora* foram submetidas não influenciaram o comprimento das raízes das plântulas da espécie (F = 0,086; gl = 3; p = 0,9674) (Figura 2.1b). Além disso, os ciclos de HD não influenciaram o número de folhas (F = 1,248; gl = 3; p = 0,3068) e folíolos (F = 1,738; gl = 3; p = 0,1765) produzidos pelas plântulas.

Sementes de espécies que germinam e se desenvolvem em ecossistemas áridos e semiáridos estão sujeitas a passarem por ciclos de HD, uma vez que a disponibilidade hídrica nesses ambientes apresenta uma limitação espaço-temporal (Meiado, 2013). Como visto no presente estudo, sementes de *M. tenuiflora* que foram submetidas a ciclos de HD não apresentaram alterações em sua germinabilidade. Entretanto, sementes que passaram pelos ciclos de HD apresentaram redução do tempo de germinação e produziram plântulas mais vigorosas, com maior comprimento e diâmetro de caule, assim como maiores valores de biomassa de folhas, caule e raiz, corroborando com a hipótese de que sementes que passaram pelos ciclos de HD produzem plântulas mais vigorosas.

Santini *et al.* (2017) demonstraram que sementes de *Echinocereus engelmannii* (Parry ex Engelm.) Lem. (Cactaceae) também não apresentaram mudanças na germinabilidade após os ciclos de HD. Entretanto, estudos realizados por Dubrovsky (1996) com plântulas de *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum (Cactaceae) demonstraram que a hidratação descontínua durante o processo de embebição das sementes também favorece o estabelecimento de plântulas da espécie. Silva *et al.* (2012) também demonstraram que a hidratação prévia promove a produção de plântulas mais vigorosas de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). Soeda *et al.* (2005) enfatizaram que



os benefícios da hidratação descontínua estão relacionados com a atividade de enzimas antioxidantes e a melhoria do metabolismo germinativo. Assim, a redução do tempo de germinação em sementes de *M. tenuiflora* pode ser explicada pelo melhoramento do metabolismo germinativo após os tratamentos de ciclos de HD.

A disponibilidade hídrica descontínua durante o processo de embebição da semente produz o fenômeno da memória hídrica de sementes, onde plântulas originadas de sementes que foram submetidas a ciclos de HD apresentam maior vigor em comparação com plântulas originadas de sementes que apresentaram hidratação contínua durante o processo de embebição. Assim, a memória hídrica de sementes em *M. tenuiflora* apresenta importantes implicações ecológicas para a espécie e para o ecossistema. Esse fenômeno pode promover vantagens competitivas para essas plântulas em relação às plântulas da mesma espécie que foram produzidas a partir de sementes que não passaram pelos ciclos de HD. Essas vantagens estão relacionadas com o melhor uso da disponibilidade de recursos necessários para o desenvolvimento. López-Urrutia *et al.* (2014) destacou que essa resposta aos ciclos de HD é um importante mecanismo para espécies de ecossistemas áridos e semiáridos resistirem a condições adversas enquanto competem por recursos limitados.

Shivanna (2016) destacou que a habilidade de resistir aos ciclos de HD é uma adaptação ecológica importante para maximizar o estabelecimento de plântulas em ambientes áridos e semiáridos. Estudos com *Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. ex Griffiths (Poaceae) por Sala e Lauenroth (1982) mostraram que pequenos eventos de chuva têm efeito significativo na ampla distribuição dessa espécie. Assim, a presença a memória hídrica de sementes em *M. tenuiflora* também pode explicar a ampla distribuição dessa espécie em ecossistemas semiáridos do Nordeste do Brasil.

## Conclusões

Os ciclos de HD, os quais ocorrem naturalmente em ecossistemas áridos e semiáridos, não alteram a germinabilidade de *M. tenuiflora*, mas reduz seu tempo de germinação. Além disso, os ciclos produzem o fenômeno da memória hídrica de sementes. A produção de plântulas mais vigorosas como resultado desse fenômeno pode levar a implicações ecológicas, uma vez que essas plântulas apresentam vantagens competitivas em relação as plântulas que foram originadas de sementes que não foram submetidas a ciclos de HD durante o processo de embebição. Os ciclos de HD também podem ser aplicados na produção de plântulas mais vigorosas de *M. tenuiflora* para o uso em ações de recuperação de áreas degradadas na Caatinga.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco pelas sementes utilizadas neste estudo.

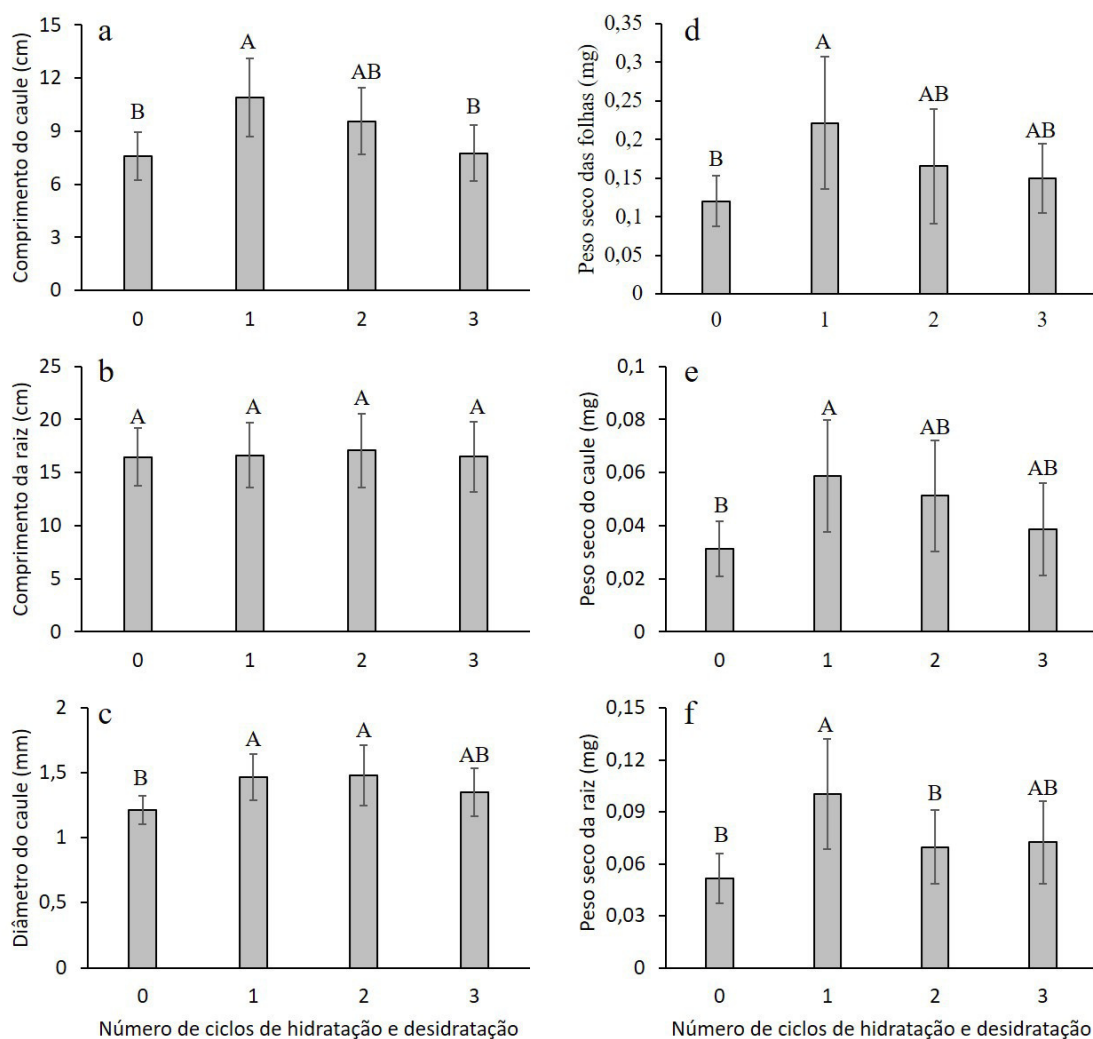
## Referencias

- Alcântara, R.N.; Mendonça, A. M. C.; Cruz, F. N.; Silva-Junior, C. D.; Silva, E. C. (2016). Physiological performance of *Hancornia speciosa* Gomes seedlings under different watering conditions: Growth and chlorophyll a fluorescence. *Gaia Scientia*, v. 10, p. 541-556.
- Azevêdo, S. M. A.; Bakke, I. A.; Bakke, O. A.; Freire, A. L. O. (2012). Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga. *Engenharia Ambiental*, v. 9, p. 150-160.

- Bakke, I. A.; Freire, A. L. O.; Bakke, O. A.; Andrade, A. P.; Bruno, R. L. A.** (2006). Water and sodium chloride effects on *Mimosa Tenuiflora* (Willd.) Poiré seed germination. *Revista Caatinga*, v. 19, p. 261-267.
- Barbosa, H. A.; Kumar, T. V. L.** (2016). Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 124, p. 377-387.
- Camargo-Ricalde, S. L.; Grether, R.** (1998). Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical*, v. 46, p. 543-554.
- Statsoft.** (2016). STATISTICA 13. StatSoft South America. <http://www.statsoft.com.br>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- Dubrovsky, J. G.** (1996). Seed Hydration Memory in Sonoran Desert Cacti and its Ecological Implication. *American Journal of Botany*, v. 83, p. 624-632.
- Dubrovsky, J. G.** (1998). Discontinuous Hydration as a Facultative Requirement for Seed Germination in Two Cactus Species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 125, p. 33-39.
- Farooq, M.; Basra, S. M. A.; Ahmad, N.; Hafeez, K.** (2005). Thermal hardening: A new seed vigor enhancement tool in rice. *Journal of Integrative Plant Biology*, v. 47, p. 187-193.
- Forcella, F.; Arnold, L. B. R.; Sanchez, R.; Ghera, C. M.** (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, v. 67, p. 123-139.
- Lima, A. T.; Meiado, M. V.** (2017). Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research*, v. 27, p. 292-302.

- López-Urrutia, E.; Martínez-García, M.; Monsalvo-Reyes, A.; Salazar-Rojas, V.; Montoya, R.; Campos, J. E.** (2014). Differential RNA- and Protein-Expression Profiles of Cactus Seeds Capable of Hydration Memory. *Seed Science Research*, v. 24, p. 91-99.
- Marques, F. R. F.; Meiado, M. V.; Castro, N. M. C. R.; Campos, M. L. O.; Mendes, K. R.; Santos, O. O.; Pompelli, M. F.** (2015). GerminaQuant: A new tool for germination measurements. *Journal of Seed Science*, v. 37, p. 248-255.
- Meiado, M.V.** (2013). Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. In: Stelmann, J. R.; Isaias, R. M. S.; Modolo, L. V.; Vale, F. H. A.; Salino, A. (Orgs.), *Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva. Sociedade Botânica do Brasil*, Belo Horizonte, p. 89-94.
- Meiado, M. V.; Silva, F. F. S.; Barbosa, D. C. A.; Siqueira Filho, J. A.** (2012). Diaspores of the Caatinga: A Review, in: Siqueira Filho, J. A. (Org.) *Flora of the Caatingas of the São Francisco River – Natural History and Conservation*. Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, p. 306-365.
- Queiroz, L. P.** (2009). *Leguminosas da Caatinga*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana.
- Sala, O. E.; Lauenroth, W. K.** (1982). Small Rainfall Events: An Ecological Role in Semiarid Regions. *Oecologia*, v. 53, p. 301-304.
- Santana, J. A. S.; Souto, J. S.** (2011). Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia*, v. 29, p. 87-94.
- Santini, B. A.; Rojas-Aréchiga, M.; Morales, E. G.** (2017). Priming effect on seed germination: Is it always positive for cacti species?. *Journal of Arid Environments*, v. 147, p. 155-158.

- Santos, H. R. B.; Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.** (2017). Initial growth and compatible solutes concentrations in seedlings of two genotypes of *Psidium araca* Raddi (Myrtaceae) in response to water suppression. *Gaia Scientia*, v. 11, p. 45-56.
- Santos-Silva, J.; Simon, M. F.; Tozzi, A. M. G. A.** (2015). Revisão taxonômica das espécies de *Mimosa* ser. *Leiocarpace* *sensu lato* (Leguminosae - Mimosoideae). *Rodriguésia*, v. 66, p. 95-154.
- Shivanna, K. R.** (2016). Germination Strategies of Seeds of *Cassia auriculata*, a Perennial Weed Species of Arid and Semiarid Regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences*, v. 88, n. 2.
- Silva, N. B.; Morais, C. S. B.; Rossetto, C. A. V.** (2012). Hidratação controlada de sementes de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, p. 589-597.
- Soeda, Y.; Konings, M. C. J. M.; Vorst, O.; Houwelingen, A. M. M. L.; Stoopen, G. M.; Maliepaard, C. A.; Kodde, J.; Bino, R. J.; Groot, S. P. C.; Geest, A. H. M.** (2005). Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiology*, v. 137, p. 354-368.
- Statsoft.** (2016). STATISTICA 13. StatSoft South America. <http://www.statsoft.com.br>.
- Wilson, T. B.; Witkowski, E. T. F.** (1998). Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savana woody plant species. *Journal of Arid Environments*, v. 38, p. 541-550.



**Figura 1.** Resultados das variáveis de desenvolvimento inicial avaliados em plântulas de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae) produzidas a partir de sementes que foram submetidas a ciclos de hidratação e desidratação. Dez mudas foram avaliadas por tratamento após dois meses de desenvolvimento. a: Comprimento do caule. b: Comprimento da raiz. c: Diâmetro do caule. d: Peso seco das folhas. e: Peso seco do caule. f: Peso seco da raiz. Os dados são expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras maiúsculas comparam os resultados estatísticos em cada parâmetro.

## **ANEXOS**

## Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination? <sup>1</sup>

Ayslan Trindade Lima<sup>4</sup>, Paulo Henrique de Jesus da Cunha<sup>2</sup>,  
Bárbara França Dantas<sup>3</sup>, Marcos Vinicius Meiado<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT** – Seed hydration memory is the ability of seeds to retain biochemical and physiological changes caused by discontinuous hydration. This study aimed to determine if *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) present seed memory and evaluate the effects of hydration and dehydration cycles (HD) on the seed germination of this species when submitted to conditions of water stress. Seeds underwent HD cycles (0, 1, 2 and 3 cycles) corresponding to the hydration times X (6 hours), Y (16 hours) and Z (24 hours), determined from the imbibition curve, with 5 hours of dehydration and submitted to water stress conditions. Germination was evaluated at 0.0, -0.1, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa, obtained with polyethylene glycol 6000 solution. Germinability (%), mean germination time (days) and hydrotime (MPa d<sup>-1</sup>) were calculated. The seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* are sensitive to the low osmotic potentials tested in this study, however, when submitted to the HD cycles of 16 hours hydration (time Y), the tolerance to water stress conditions is increased. In addition, the observed benefits on the evaluated germination parameters show that *S. spectabilis* var. *excelsa* present seed hydration memory.

Index terms: Caatinga, seed hydration memory, germinability, abiotic stress, hydrotime.

## A hidratação descontínua em sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) confere tolerância ao estresse hídrico durante a germinação?

**RESUMO** – Memória de hidratação de sementes é a habilidade que as sementes apresentam em reter alterações bioquímicas e fisiológicas ocasionadas pela hidratação descontínua. Este estudo objetivou determinar se sementes de *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) apresentam memória de hidratação e avaliar os efeitos dos ciclos de hidratação e desidratação (HD) na germinação das sementes dessa espécie quando submetidas a estresse hídrico. As sementes passaram por ciclos de HD (0, 1, 2 e 3 ciclos) correspondentes aos tempos X (6 horas), Y (16 horas) e Z (24 horas) de hidratação, determinados a partir da curva de embebição, com 5 horas de desidratação e postas para germinar em condições de estresse hídrico. A germinação foi avaliada nos potenciais 0,0; -0,1; -0,3; -0,6 e -0,9 MPa, obtidos com a utilização da solução de polietileno glicol 6000. Foram calculados a germinabilidade (%), tempo médio de germinação (dias) e tempo hídrico (MPa.d<sup>-1</sup>). Sementes de *S. spectabilis* var. *excelsa* são sensíveis aos baixos potenciais hídricos, porém, quando submetidas aos ciclos de HD no tempo Y (16 horas), há um aumento na tolerância às condições de estresse hídrico. Além disso, os benefícios observados nos parâmetros germinativos mostraram que *S. spectabilis* var. *excelsa* apresenta memória de hidratação da semente.

Termos para indexação: Caatinga, memória de hidratação de sementes, germinabilidade, estresse abiótico, tempo hídrico.

### Introduction

The availability of water in the soil is a fundamental

condition for the germination process of a non-dormant and viable seed (Popinigis, 1985). The beginning of the seed germination process is characterized by the absorption of water

<sup>1</sup>Submitted on: 07/17/2017. Accepted for publication on 10/24/2017.

<sup>2</sup>Departamento de Biociências, UFS, 49510-200 - Itabaiana, SE, Brasil.

<sup>3</sup>Embrapa Semiárido, Caixa Postal 23, 56300-970 - Petrolina, PE, Brasil.

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, UFS, 49100-000 - São Cristóvão, SE, Brasil.

\*Corresponding author <meiado@ufs.br>



and rehydration of tissues that have naturally lost water during seed production (Baskin and Baskin, 2014; Taiz et al., 2017). Tissues rehydration provides an increase in respiratory activities and metabolism reactivation of the seeds, which results in the growth of the embryo (Popinigis, 1985; Taiz et al., 2017).

In arid and semi-arid regions of the world, the availability of water at soil surface presents a restriction of time and space, even during rainy periods of the year, which directly influences seed germination in these environments (Meiado et al., 2012). Not only rehydration of seed tissues can be interrupted due to absence of water in the soil, but seeds can lose absorbed water to the surrounding environment, causing cycles of hydration and dehydration (HD cycles) during imbibition (Fenner and Thompson, 2005; Meiado et al., 2012).

Because of the discontinuous hydration due to HD cycles, seeds of native species to arid and semi-arid regions can present a high survival rate during drought periods, preserving the physiological characteristics resulting from previous hydration, demonstrating that these seeds present a seed memory. Thus, seed memory is the ability of seeds to store biochemical and physiological changes caused by discontinuous hydration (Dubrovsky, 1996; 1998). In addition, discontinuous hydration provides other advantages for the germination process of seeds, such as a significant increase of germination percentage, speed and uniformity, besides the production of vigorous seedlings (Dubrovsky, 1996; 1998; Aragão et al., 2002; Sánchez-Soto et al., 2005; Kaya et al., 2006; Rito et al., 2009; López et al., 2016; Gebreegziabher and Qufa, 2017).

Caatinga is a semiarid ecosystem located in the Northeast region of Brazil and characterized by a deficiency in water availability during a large part of the year and a temporal irregularity in the distribution of rainfall (Queiroz, 2009; Trovão et al., 2007; Santana and Souto, 2011). Many species of plants that inhabit this ecosystem produce seeds that germinate in superficial layers of the soil, where the water resource may be available for a short time and in limited quantity due to the evaporation process, thus subjecting seeds to HD cycles during seed germination (Meiado et al., 2012).

Among Angiosperms families in this ecosystem that are submitted to these environmental conditions, Fabaceae Lindl. presents a great diversity of form, size, color, structure and characteristics of the seeds, and many have important economic value for the Brazilian Northeastern region (Queiroz, 2009; Espírito-Santo et al., 2010). The genus *Senna* Mill. is part of the Fabaceae family and gathers about 80 species in Brazil. It presents a wide distribution in the Caatinga, being a floristically important genus for this ecosystem (Souza and Bortoluzzi, 2015). *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby is a species popularly known

as canafístula, canafístula-de-besouro and cássia-do-nordeste, with distribution concentrated mainly in areas of Caatinga (Queiroz, 2009; Souza and Bortoluzzi, 2015). Seeds of this species have physical dormancy and germinate above 80% over a wide temperature range, from 15 to 36 °C. However, temperatures between 24 and 27 °C are those that allow faster germination (Jeller and Perez, 1999). Frequently, this species is found at degraded areas of Caatinga, and has great potential for use in its recovery (Queiroz, 2009). Thus, the objective of this study was to determine the presence of seed memory in *S. spectabilis* var. *excelsa* and to evaluate the effects that the discontinuous hydration provides to the seed germination of this species when submitted to conditions of water stress.

## Material and Methods

The study was carried out at the Laboratory of Seed Physiology (LAFISE), at the Federal University of Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho, in Itabaiana, Sergipe. Seed collection was performed on October 26, 2014, in 10 trees of *S. spectabilis* var. *excelsa* located in Caatinga areas of the municipality of Brejo Santo (38°52'04.3''W, 7°35'05.2''S and 434 meters of altitude), Southern region of the State of Ceará. This place is characterized by semi-arid climate (Bsh), with maximum temperatures reaching temperatures above 32 °C in the dry season. The average annual rainfall is about 800 mm and the rainy season occurs between December and April, during which the production of the fruits of the studied species occurs, with seed dispersal at the beginning of the dry season. (Queiroz, 2009; Climate Data, 2017).

*Treatment to overcome seed dormancy:* All the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* used in this study to the determination of the imbibition curve, dehydration curve and germination tests were previously scarified with sulfuric acid (Sigma-Aldrich® P.A., 95-97%) in glass beakers for 60 minutes to overcome the physical dormancy presented by the seeds of the species. After the period immersed in the sulfuric acid, seeds were washed in running water for 10 minutes and dried on paper (adapted from Jeller and Perez, 1999).

*Imbibition curve and dehydration curve:* To determine the imbibition curve, four replicates of 25 seeds were weighed on the analytical balance to obtain the initial weight. Subsequently, each replicate was placed in 9 cm diameter Petri dishes containing two layers of filter paper moistened with 8 mL of distilled water at a temperature of 25 °C, where each Petri dish represented a repeat. No water was added to the Petri dishes during determination of the imbibition curve. Then, each replication was weighed at 60-minute intervals, after being placed to imbibition, until they completed

the germination process with radicle protrusion. After establishing the species imbibition curve, three points in the curve were selected, which were denominated as times X, Y and Z, corresponding to  $\frac{1}{2}$  of phase I,  $\frac{1}{4}$  of phase II and  $\frac{3}{4}$  of phase II of the imbibition process, respectively.

To determine the dehydration curve, four replicates of 25 seeds were weighed on the analytical balance to obtain the initial weight. Subsequently, each replicate was placed in 9 cm diameter Petri dishes containing two layers of filter paper moistened with 8 mL of distilled water at a temperature of 25 °C during a period corresponding to the time Z of the imbibition curve, where the seeds absorb the maximum water before germinating. After hydration on the time Z, the replications were withdrawn from the contact with the water, placed to dry in trays at 25 °C and weighed on analytical balance at 60-minute intervals until the weight of the replications returned to the initial weight.

**Hydration and dehydration cycles (HD cycles):** HD cycles corresponded to pre-germination treatments to evaluate the influence of discontinuous hydration on seed tolerance to water stress. For each time established through the imbibition curve (times X, Y and Z), the seeds were submitted to 0 (control), 1, 2 and 3 cycles of hydration with a dehydration time between each cycle corresponding to the drying time of the seeds obtained through the dehydration curve. As five osmotic potentials were evaluated (see below the description of procedures for assessing water stress), 500 seeds per cycle were required, totaling 2000 seeds for each hydration time. Discontinuous hydration of the seeds was carried out in plastic trays containing two layers of filter paper moistened with 100 mL of distilled water. For the dehydration phase, seeds were transferred to plastic trays with dry paper and kept at a temperature of 25 °C. Each cycle corresponded to a hydration phase followed by a dehydration phase.

**Germination tests and parameters evaluated:** Seed germination was evaluated using distilled water (control) and under the osmotic potentials of -0.1; -0.3; -0.6 and -0.9 MPa obtained with the use of polyethylene glycol 6000 solution (PEG 6000) (Villela et al., 1991) in the stress simulation. For each treatment, four replicates with 25 seeds were used, which were placed to germinate in 9 cm diameter Petri dishes containing two layers of filter paper moistened with 8 mL of PEG 6000 solution. The Petri dishes were sealed with parafilm plastic and maintained under white light (12 h photoperiod) and 25 °C. The number of germinated seeds was counted daily during a period of 20 days and radicle protrusion was considered as the criterion for seed germination (Jeller and Perez, 2003).

At the end of the experiment, were calculated using the GerminaQuant software (Marques et al., 2015) the germinability ( $G = \%$ ) and mean germination time [MGT =

$\sum n_i t_i / \sum n_i$ , where  $t_i$  is the period between the beginning of the experiment and the  $n$ th observation (days) and  $n_i$  is the number of seeds germinated in the time  $i$  (number corresponding to the  $n$ th observation) (Labouriau, 1983). Before statistical analysis, the germinability data obtained underwent an angular transformation ( $\arcsin \sqrt{\%}$ ).

For each seed lot HD cycle and osmotic potential, percentage of germination was plotted as a function of time and a Boltzman sigmoidal curve was fitted using the software Origin® 9, from which the time to achieve 10-90% germination of the population was estimated. The reciprocal of these times (germination rate) were plotted against osmotic potential (Gummerson, 1986). Linear regressions in each fraction were used to estimate the x-intercept and slope of each regression line. An average of the x-intercept resulted in base osmotic potential ( $\psi_b$ ), below which seeds do not germinate (Gummerson, 1986). For each seed lot, the hydrotime ( $\theta_H$  MPa d<sup>-1</sup>) to germination (g) was calculated as:  $\theta_H = (\Psi - \Psi_b) t_g$ , in which  $\psi$  is the actual osmotic potential,  $\psi_b$  is the base osmotic potential and  $t_g$  is the time since start of imbibition (Gummerson, 1986).

The normality of the data and the homogeneity of the variances were verified through the Shapiro-Wilk and Levene tests. The results were submitted to factorial variance analysis with three factors (hydration time, number of HD cycles and osmotic potential) and the means were compared by Tukey test (Ranal and Santana, 2006). All analyzes were performed in STATISTICA 13 program with  $\alpha = 5\%$  (STATSOFT, 2016).

## Results and Discussion

The imbibition curve of *S. spectabilis* var. *excelsa* presented a three-phase pattern, with germination occurring at the 28th hour after the initiation of seed hydration (Figure 1A). The hydration times X, Y and Z corresponded to 6, 16 and 24 hours, respectively, and imbibed seeds took 5 hours to dehydrate and return to initial weight (Figure 1B). Imbibition curve also presented a three-phase pattern in *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Dantas et al., 2008a), *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Dantas et al., 2008b) and *Bowdichia virgilioides* Kunth (Albuquerque et al., 2009).

Seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* which did not undergo HD cycles had their germinability influenced as they were submitted to higher water stress conditions, germinating only until the potential -0.6 MPa, showing germinability lower than 20%, and no germination was observed in the potential -0.9 MPa (Figures 2A, 2C and 2E). However, when these seeds were submitted to HD cycles, an increase in tolerance to water stress was observed, with germination in all evaluated treatments (Figures 2A, 2C and 2E). In addition, germinability

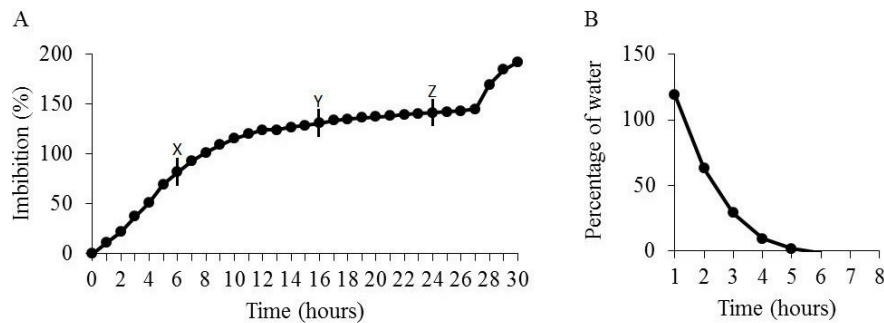


Figure 1. (A) Imbibition curve and (B) dehydration curve of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds.

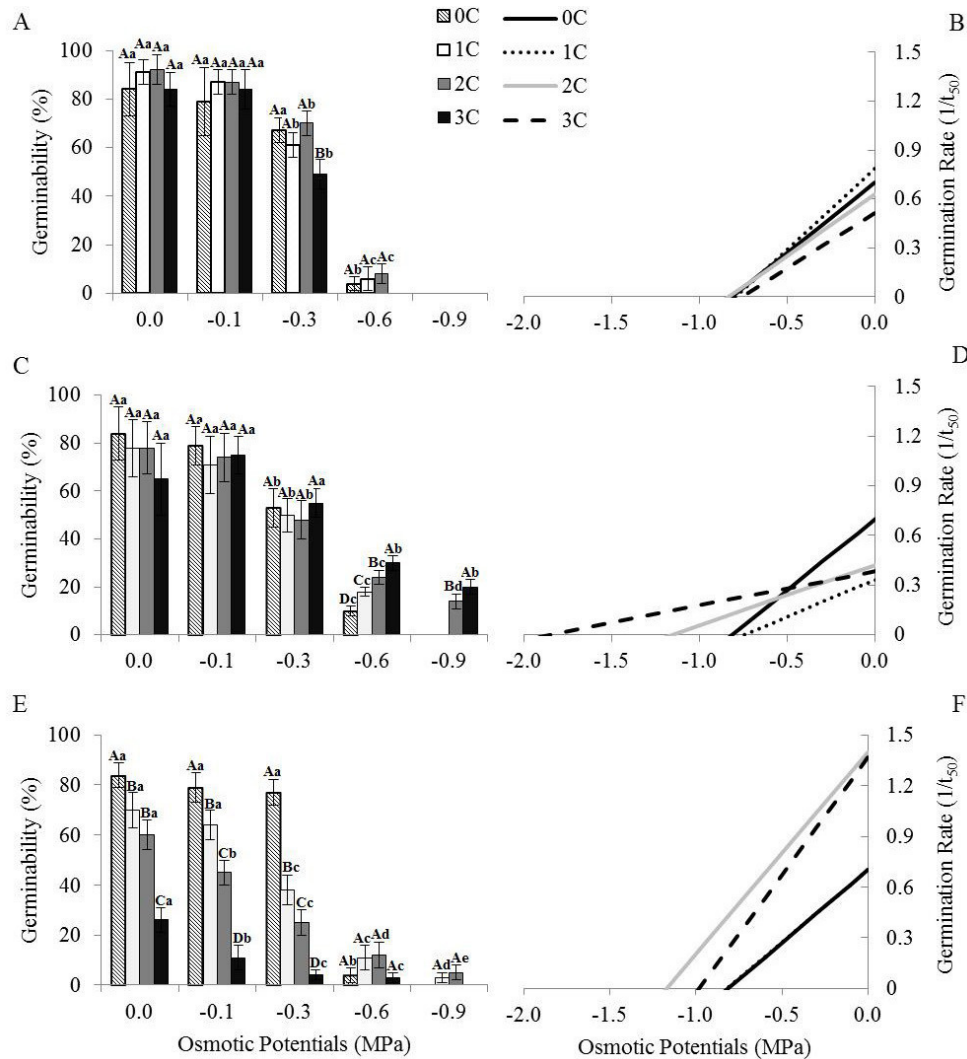


Figure 2. Germinability (%) and germination rate ( $1/t_{50}$ ) of seeds of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schr.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) that passed through 0, 1, 2 and 3 cycles of hydration and dehydration (0C, 1C, 2C and 3C, respectively) in different times of hydration (A and B – Time X: 6 hours, C and D – Time Y: 16 hours, E and F – Time Z: 24 hours) and were subjected to water stress. In figures A, C and E data were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Upper case letters compare different cycles at the same osmotic potential. Lower case letters compare the same cycle in different osmotic potentials.

was also influenced by the different hydration times used in HD cycles ( $F = 83.634$ ;  $df = 2$ ;  $p < 0.0001$ ).

The reduction of the germinability in *S. spectabilis* var. *excelsa* with reduction of the osmotic potential can be explained due to the high viscosity characteristic of PEG 6000 and its effects of reducing the solubility and diffusion of the oxygen as the concentration of the solution increases (Hinge et al., 2015), this mean that the increase in the amount of PEG 600 used in the solution to simulate water stress reduced the conditions required for seed germination and, consequently, decreased germinability of the seeds. This reduction of the germinability observed in the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* due to higher water stress conditions was also observed in the germination of other tree species that also occur in the Caatinga, as in *Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto (Rubiaceae) (Oliveira et al., 2017), *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) (Azerêdo et al., 2016), *Ceiba glaziovii* (Kuntze) K. Schum. (Malvaceae) (Silva et al., 2016), *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth (Fabaceae) (Nogueira et al., 2017) and *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae) (Lima and Torres, 2009).

Despite the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* show sensitivity to water stress, reducing germinability with the reduction of the osmotic potential of the solutions, seeds that were submitted to cycles of HD developed a greater tolerance to the evaluated stress, indicating that the passage through cycles of HD is fundamental for the development of this capacity to germinate at lower osmotic potentials. As in *S. spectabilis* var. *excelsa*, HD cycles also provided an increase in tolerance to water stress during the germination of seeds of *Pilosocereus catingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Cactaceae) (Lima and Meiado, 2017), *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae) (Ashrafi and Razmjoo, 2015), *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Schultz Bip. (Asteraceae) (Li et al., 2011) and  $\times$  *Triticosecale* (Yagmur and Kaydan, 2008).

The increased in tolerance of *S. spectabilis* var. *excelsa* seeds to low osmotic potentials after going through HD cycles is due to an improvement of the physiological and biochemical events that occur during the germination process of these seeds. This tolerance may be related to the accumulation of LEA proteins during the HD cycles, which are responsible for increasing the tolerance to seed desiccation (Chen and Arora, 2013). Seeds that undergo discontinuous hydration process show protoplasm with lower viscosity and greater permeability to water (Thomas et al., 2000). This may explain the germination of *S. spectabilis* var. *excelsa* even in higher water stress conditions after going through HD cycles, acquiring the ability to take advantage of the low amount of

available water in the lower osmotic potentials.

The MGT of the seeds of the species studied was also significantly influenced by the interaction between cycle, hydration times (6, 16 and 24 hours) and osmotic potentials used in water stress conditions ( $F = 34.476$ ;  $df = 18$ ;  $p < 0.0001$ ). This influence can be observed in seeds that did not undergo HD cycles and had their MGT changed from  $1.70 \pm 0.08$  days in 0.0 MPa to  $3.57 \pm 0.25$  days in -0.3 MPa (Table 1). However, when they were submitted to HD cycles for 16 hours, the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* had their MGT reduced from  $8.40 \pm 1.65$ , in the case of seeds submitted to one cycle of HD and placed to germinate at potential -0.3 MPa, to  $5.45 \pm 0.83$  when these seeds went through 3 cycles of HD and were placed to germinate in the same osmotic potential (Table 1).

The water stress imposed on seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* which were not submitted to cycles of HD induced an increase on MGT, indicating that the lower osmotic potentials delay the process of imbibing of these seeds. However, when subjected to the HD cycles for 16 hours, the benefit of this treatment on the seeds is evident, because promoted faster water absorption after the HD cycles, reducing its MGT (Table 1). Kaya et al. (2006) in experiments with seeds of *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) also verified the benefit of hydration and drying for these seeds when the MGT was evaluated under conditions of water stress and compared to the seeds of the control group.

The models generated from the seed germination rate of *S. spectabilis* var. *excelsa* indicated that the HD cycles provided seeds a greater tolerance to water stress (Figures 2B, 2D and 2F). However, seeds that underwent discontinuous hydration presented a reduction in the germination rate, indicating a delay in the germination process after HD cycles. Among the three hydration times of the HD cycles evaluated in the present study, 16 hours hydration conferred greater tolerance to water stress with the increase of HD cycles (Figures 2C and 2D), with a reduction in the  $\psi_b$  values from -0.74 in untreated seeds to -1.85 MPa in seeds submitted to three HD cycles at time Y (Table 2). The benefits provided by the HD cycles with 16 hours hydration are more evident in treatments with higher water restriction, with a 14 and 12% increase in germination of the seeds submitted to treatments of -0.6 and -0.9 MPa, respectively (Figure 2D).

On the other hand, the HD cycles with only 6 hours hydration did not provide an increase in tolerance to water stress (Figure 2A), and was not observed a significant increase in the germinability of seeds submitted to water stress (Figure 2B). The seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* that went through the cycles of HD with 24 hours hydration became more tolerant to water stress conditions, being observed a reduction in the value of  $\psi_b$  from -0.81 to -1.17 MPa after two HD cycles (Table 2).

Table 1. Mean germination time (days) of seeds of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) that were submitted to cycles of hydration and dehydration and were submitted to water stress in different osmotic potentials. Data expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Uppercase letters compare different cycles at the same osmotic potential. Lowercase letters compare the same cycle in different osmotic potentials.

Time X (6 hours)	0.0 MPa	-0.1 MPa	-0.3 MPa	-0.6 MPa	-0.9 MPa
0 Cycle	1.70 $\pm$ 0.08 Bd	2.42 $\pm$ 0.23 Ac	3.57 $\pm$ 0.25 Ab	8.3 $\pm$ 0.57 Aa	-
1 Cycle	1.37 $\pm$ 0.12 Cc	2.22 $\pm$ 0.15 Ab	4.12 $\pm$ 0.78 Aa	1.75 $\pm$ 3.5 Cb	-
2 Cycles	1.90 $\pm$ 0.08 Ad	2.42 $\pm$ 0.09 Ac	4.22 $\pm$ 0.59 Ab	6.05 $\pm$ 0.91 Ba	-
3 Cycles	2.10 $\pm$ 0.11 Ab	2.42 $\pm$ 0.22 Ab	4.97 $\pm$ 0.42 Aa	-	-
Time Y (16 hours)	0.0 MPa	-0.1 MPa	-0.3 MPa	-0.6 MPa	-0.9 MPa
0 Cycle	1.70 $\pm$ 0.08 Cd	2.42 $\pm$ 0.23 Bc	3.57 $\pm$ 0.25 Bb	8.3 $\pm$ 0.57 Aa	-
1 Cycle	2.15 $\pm$ 0.12 Bc	4.79 $\pm$ 0.99 Ab	8.40 $\pm$ 1.65 Aa	4.37 $\pm$ 0.9 Bb	-
2 Cycles	2.42 $\pm$ 0.09 Bc	3.82 $\pm$ 0.46 Ab	6.25 $\pm$ 0.64 Aa	3.57 $\pm$ 1.12 Bb	3.50 $\pm$ 4.12 Ab
3 Cycles	2.80 $\pm$ 0.27 Ab	4.55 $\pm$ 1.06 Aa	5.45 $\pm$ 0.83 Aa	4.05 $\pm$ 0.1 Ba	3.62 $\pm$ 2.80 Aa
Time Z (24 hours)	0.0 MPa	-0.1 MPa	-0.3 MPa	-0.6 MPa	-0.9 MPa
0 Cycle	1.70 $\pm$ 0.08 Ad	2.42 $\pm$ 0.23 Ac	3.57 $\pm$ 0.25 Ab	8.3 $\pm$ 0.57 Aa	-
1 Cycle	1.67 $\pm$ 0.05 Ab	2.50 $\pm$ 0.37 Aa	3.90 $\pm$ 0.92 Aa	4.75 $\pm$ 3.31 Ba	1.25 $\pm$ 1.25 Ab
2 Cycles	1.25 $\pm$ 0.05 Ba	1.62 $\pm$ 0.23 Ba	1.82 $\pm$ 0.55 Ba	1.30 $\pm$ 0.47 Ca	1.25 $\pm$ 1.89 Aa
3 Cycles	1.25 $\pm$ 0.19 Ba	1.00 $\pm$ 0.71 Ba	1.50 $\pm$ 1.00 Ba	2.00 $\pm$ 2.16 Ca	-

However, although they become more tolerant after HD cycles, the germinability of *S. spectabilis* var. *excelsa* seed subjected to HD cycles with 24 hours hydration was significantly reduced in all osmotic potentials evaluated in this study.

The  $\theta_H$  values were also influenced by the HD cycles in the different hydration times evaluated. Seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* that were submitted to HD cycles with 6 hours hydration had a gradual increase of  $\theta_H$  as they were conditioned to a greater number of HD cycles (Table 2). Responding differently to seeds that underwent HD cycles with 6 hours hydration, those submitted to HD cycles with 24 hours hydration presented a reduction of  $\theta_H$  values as the numbers of HD cycles increased (Table 2). After HD cycles with 16 hours hydration, the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* presented a reduction in the  $\theta_H$  value from the control to one HD cycle, however, the value of  $\theta_H$  increased again as the seeds were submitted to higher numbers of HD cycles (Table 2).

The reduction of  $\psi_b$  and  $\theta_H$  values of *S. spectabilis* var. *excelsa* that underwent HD cycles and were submitted to conditions of low osmotic potentials indicates that the HD cycles are beneficial at specific hydration times for the species studied and promote the increase of the physiological limit for radicle protrusion, allowing these seeds to germinate at low osmotic potentials such as, for example, at -0.6 and -0.9 MPa. Bradford and Still (2004) attribute the reduction of  $\psi_b$  values to the increase of the tolerance of the seeds to the

evaluated stress. Casenave and Toselli (2010) also observed, in experiments with melon seeds, a reduction in  $\theta_H$  of 0.982 MPa d<sup>-1</sup> in the seeds of the control group to 0.615 MPa d<sup>-1</sup> in the seeds that underwent 16 hours of previous hydration.

Table 2. Base osmotic potential ( $\psi_b$  – MPa) and hydrotime to germination ( $\theta_H$  – MPa d<sup>-1</sup>) of seeds of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) that passed through to cycles of hydration and dehydration (0, 1, 2 and 3 cycles) in the times X (6 hours), Y (16 hours) and Z (24 hours) and were submitted to water stress.

Time	Cycle	$\psi_b$ – MPa	$\theta_H$ – MPa d <sup>-1</sup>
X (6 hours)	0	-0.7412	1.1630
	1	-0.7950	1.1133
	2	-0.8360	1.3308
	3	-0.7574	1.4686
Y (16 hours)	0	-0.7412	1.1630
	1	-0.8139	2.2346
	2	-1.1542	2.7295
	3	-1.8476	4.8144
Z (24 hours)	0	-0.7412	1.1630
	1	-0.8180	1.1668
	2	-1.1699	0.8365
	3	-0.9812	0.7170

This demonstrates that the HD cycles can provide the seeds a rapid water absorption, reducing the time required for the germination process to be completed.

## Conclusions

Seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* are sensitive to the low osmotic potentials tested in this study, however, when these seeds are submitted to the HD cycles with 16 hours hydration, their tolerance to water stress conditions increased. In addition, the observed benefits on the evaluated germination parameters show that the seeds of *S. spectabilis* var. *excelsa* present seed memory.

## References

- ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M.; ALMEIDA, I.F.; CLEMENTE, A.C.S. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.12-19, 2009. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v31n1/a28v31n1.pdf>
- ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F.; ALVES, E.; CORRÊA, M.F. Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação e secagem. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p.87-92, 2002. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8079.pdf>
- ASHRAFI, E.; RAZMJOO, J. Seed treatment to overcome salt and drought stresses during germination in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Nutrition*, v.38, n.14, p. 1-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2015.1069331>
- AZERÊDO, G.A.; PAULA, R.C.; VALERI, S.V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. *Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.193-202, 2016. <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v26n1/0103-9954-cflo-26-01-00193.pdf>
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press, 2014. 1586p.
- BRADFORD, K.J.; STILL, D.W. Applications of hydrotim analysis in seed testing. *Seed Technology*, v.26, n.1, p.75-85, 2004. <http://www.plantsciences.ucdavis.edu/bradford/bradford%20and%20still-st.pdf>
- CASENAVE, E.C.; TOSELLI, M.E. Germination of melon seeds under water and heat stress: Hydropriming and the hydrotim model. *Seed Science and Technology*, v.38, n.2, p.409-420, 2010. <https://doi.org/10.15258/sst.2010.38.2.14>
- CHEN, K.; ARORA, R. Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, v.94, n.1, p.33-45, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.005>
- CLIMATE DATA. *Dados Climáticos para cidades mundiais*. <https://pt.climate-data.org/>. Accessed on: June 26<sup>th</sup>, 2017.
- DANTAS, B.F.; CORREIA, J.S.; MARINHO, L.B.; ARAGÃO, C.A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.221-227, 2008a. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n1/a28v30n1.pdf>
- DANTAS, B.F.; SOARES, F.S.J.; LÚCIO, A.A.; ARAGÃO, C.A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.2, p.214-219, 2008b. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n2/a27v30n2.pdf>
- DUBROVSKY, J.G. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, v.125, n.1, p.33-39, 1998. <http://dx.doi.org/10.2307/2997229>
- DUBROVSKY, J.G. Seed hydration memory in Sonoran desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, v.83, n.5, p.624-632, 1996. <http://www.jstor.org/stable/2445922>
- ESPÍRITO-SANTO, F.S.; SIQUEIRA-FILHO, J.A.; JUNIOR-MELO, J.C.F.; GERVÁSIO, E.S.; OLIVEIRA, A.M.B. Quanto vale as sementes da Caatinga? Uma proposta metodológica. *Revista Caatinga*, v.23, n.3, p.137-144, 2010. <http://www.redalyc.org/pdf/2371/237116334020.pdf>
- FENNER, M.; THOMPSON, K. *The Ecology of Seeds*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250p.
- GBREEGZIABHER, B.G.; QUFA, C.A. Plant physiological stimulation by seeds salt priming in maize (*Zea mays*): Prospect for salt tolerance. *African Journal of Biotechnology*, v.16, n.5, p.209-223, 2017. <http://www.academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/5B5213762621>
- GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany*, v.37, n.6, p.729-741, 1986. <https://doi.org/10.1093/jxb/37.6.729>
- HINGE, P.; KALE, A.; PAWAR, B.; JADHAV, A.; CHIMOTE, V.; GADAKH, S. Effect of PEG induced water stress on chlorophyll content, membrane injury index, osmoprotectants and antioxidant enzymes activities in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) (Moench)). *Maydica*, v.60, n.1, p.1-10, M8, 2015. [http://www.maydica.org/ms\\_601\\_008.html](http://www.maydica.org/ms_601_008.html)
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. *Revista Brasileira de Sementes*, v.21, n.1, p.32-40, 1999. <http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/RBS/v21n01/v21n01a05.pdf>
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.9, p.1025-1034, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n9/18279.pdf>
- KAYA, M.D.; OKÇU, G.; ATAÇ, M.; ÇIKILI, Y.; KOLSARICI, Ö. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, v.24, n.4, p.291-295, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001>

- LABOURIAU, L.G. *A germinação das sementes*. Washington: Secretaria da OEA, 173p.1983.
- LI, J.; YIN, L.Y.; JONGSMA, M.A.; WANG, C.Y. Effects of light, hydropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). *Industrial Crops and Products*, v.34, p.1543-1549, 2011. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011001786>
- LIMA, A.T.; MEIADO, M.V. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research*, v.27, n.4, p.292-302, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0960258517000241>
- LIMA, B.G.; TORRES, S.B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). *Revista Caatinga*, v.22, n.4, p.93-99, 2009. <https://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/caatinga/article/view/1455/pdf>
- LÓPEZ, L.V.P.; RODRÍGUEZ, A.R.; CORONADO, M.E.S.; HERNÁNDEZ, P.E.M.; SEGOVIA, A.O. Effects of hydropriming treatments on the invigoration of aged *Dodonaea viscosa* seeds and water-holding polymer on the improvement of seedling growth in a lava field. *Restoration Ecology*, v.24, n.1, p.61-70, 2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.12283/epdf>
- MARQUES, F.R.F.; MEIADO, M.V.; CASTRO, N.M.C.R.; CAMPOS, M.L.O.; MENDES, K.R.; SANTOS, O.O.; POMPELLI, M.F. GerminaQuant: A new tool for germination measurements. *Journal of Seed Science*, v.37, n.3, p.248-255, 2015. <http://www.scielo.br/pdf/jss/v37n3/2317-1537-jss-37-03-00248.pdf>
- MEIADO, M.V.; SILVA, F.F.S.; BARBOSA, D.C.A.; SIQUEIRA FILHO, J.A. Diaspores of the Caatinga: A Review. In: SIQUEIRA FILHO, J.A. (Org.). *Flora of the Caatingas of the São Francisco River – Natural History and Conservation*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2012. p.306-365.
- NOGUEIRA, N.W.; TORRES, S.B.; FREITAS, R.M.O.; CASTRO, T.H.S.; SÁ, F.V.S. ‘Jurema-de-embira’ seed germination under water stress and at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.4, p.244-248, 2017. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v21n4/1415-4366-rbeaa-21-04-0244.pdf>
- OLIVEIRA, F.N.; OLIVEIRA, J.R.; TORRES, S.B.; FREITAS, R.M.O.; NOGUEIRA, N.W. Germination and initial development of *Simira gardneriana* seedling under water stress and at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.5, p.333-338, 2017. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v21n5/1415-4366-rbeaa-21-05-0333.pdf>
- POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. Brasília: s.ed., 1985. 289p.
- QUEIROZ, L. P. *Leguminosas da Caatinga*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 443p.
- RANAL, M.A.; SANTANA, D.G. How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica*, v.29, n.1, p. 1-11, 2006. <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v29n1/a02v29n1.pdf>
- RITO, K.F.; ROCHA, E.A.; LEAL, I.R.; MEIADO, M.V. As sementes de mandacaru têm memória hídrica? *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, v.6, n.1, p.26-31, 2009. [http://www.ibiologia.unam.mx/slccs/www/pdf/Boletin/6\\_1\\_ene-abr\\_09.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/slccs/www/pdf/Boletin/6_1_ene-abr_09.pdf)
- SÁNCHEZ-SOTO, B.H.; GARCÍA MOYA, E.; TERRAZAS, T.; REYS OLIVAS, A. Efecto de la hidratación discontinua sobre la germinación de tres cactáceas del desierto costero de Topolobambo, Ahome, Sinaloa. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, v.50, n.1, p.4-14, 2005. [http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica\\_de\\_poblaciones/cacsucmex/CACTACEAS2005\\_1.pdf](http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/dinamica_de_poblaciones/cacsucmex/CACTACEAS2005_1.pdf)
- SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia*, v.29, n.2, p.87-94, 2011. <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v29n2/art11.pdf>
- SILVA, M.L.M.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; SANTOS-MOURA, S.S.; SANTOS-NETO, A.P. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. *Ciência Florestal*, v.26, n.3, p.999-1007, 2016. <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/24229/14182>
- SOUZA, V.C.; BORTOLUZZI, R.L.C. *Senna*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23149>. Accessed on: June 26<sup>th</sup>, 2017.
- STATSOFT. STATISTICA 13. StatSoft South America, 2016. <http://www.statsoft.com.br>. Accessed on: June 26<sup>th</sup>, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- THOMAS, U.C.; VARUGHESE, K.; THOMAS, A.; SADANANDAN, S. Seed Priming – For increased vigour, viability and productivity of upland rice. *LEISA India*, v.2, n.4, p.14, 2000. [http://ileia.fourdigits.nl/magazines/india/4-monocultures-towards-sustainability/seed-priming-for-increased-vigour-viability-and-at\\_download/article\\_pdf](http://ileia.fourdigits.nl/magazines/india/4-monocultures-towards-sustainability/seed-priming-for-increased-vigour-viability-and-at_download/article_pdf)
- TROVÃO, D.M.B.M.; FERNANDES, P.D.; ANDRADE, L.A.; DANTAS-NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.3, p.307-311, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n3/a10v11n3>
- VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3549/882>
- YAGMUR, M.; KAYDAN, D. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. *African Journal of Biotechnology*, v.7, n.13, p.2156-2162, 2008. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58938>





# Effect of hydration and dehydration cycles on *Mimosa tenuiflora* seeds during germination and initial development

A.T. Lima <sup>\*</sup>, M.V. Meiado

Laboratory of Seed Physiology, Department of Biosciences, Federal University of Sergipe, Av. Vereador Olímpio Grande, Campus Professor Alberto Carvalho, Bloco D, Itabaiana, SE, Brazil  
Postgraduate Program in Ecology and Conservation, Federal University of Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, SE, Brazil

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 6 October 2017

Received in revised form 17 March 2018

Accepted 31 March 2018

Available online 13 April 2018

Edited by C Seal

### Keywords:

Germination

Initial development

Discontinuous hydration

Seed hydration memory

*Mimosa tenuiflora*

Caatinga

## ABSTRACT

Discontinuity during the process of imbibition in seed germination in arid and semi-arid ecosystems produces cycles of hydration and dehydration (HD cycles). The aim of this study was to evaluate the effect of HD cycles on germination and initial growth of *Mimosa tenuiflora* seedlings, testing the hypothesis that seeds that pass through HD cycles produce larger seedlings with greater accumulation of biomass. Seeds of *M. tenuiflora* were submitted to 0, 1, 2 and 3 HD cycles. We evaluated parameters of germination and initial seedling growth. Although seed germinability did not change, *M. tenuiflora* seeds that were submitted to HD cycles germinated in a shorter time than seeds with continuous hydration. In addition, seedlings produced from seeds that were submitted to HD cycles had longer stems, larger stem diameter and higher leaf, stem and root dry mass values. HD cycle produced the seed hydration memory phenomenon, which may have ecological implications for the species, since the seeds that underwent HD cycles produced more vigorous seedlings.

© 2018 SAAB. Published by Elsevier B.V. All rights reserved.

## 1. Introduction

Discontinuity during the water absorption process of seeds that germinate in arid and semi-arid ecosystems produces hydration and dehydration cycles (HD cycles), which play an important role in the persistence and dynamics of plants in these ecosystems (Wilson and Witkowski, 1998; Meiado, 2013; Lima and Meiado, 2017). Seeds subjected to HD cycles have a high survival rate during desiccation, demonstrating that these seeds may present a seed hydration memory, which preserves the characteristics acquired from the previous hydration event (Dubrovsky, 1996, 1998). Seedling establishment and development processes can also benefit from HD cycles, altering the reproductive success of species that occur in arid and semi-arid ecosystems (Dubrovsky, 1996).

Caatinga is a Tropical Dry Forest located in the Northeast region of Brazil. It is characterized by a lack of water availability during a large part of the year and a temporal irregularity in the distribution of rainfall (Queiroz, 2009; Santana and Souto, 2011; Barbosa and Kumar, 2016). Seeds of many species that inhabit this ecosystem germinate in superficial layers of the soil, where the water resource may be available for a

short time and in limited quantity due to the evaporation process, causing HD cycles for seeds (Meiado et al., 2012).

*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae), popularly known as “jurema” or “jurema-preta”, is a species that frequently occurs in regions that present the climate characterized by periodic droughts (Santos-Silva et al., 2015). In Brazil, the species is native and widely distributed in areas of shrub Caatinga on sandy soils. The seeds of *M. tenuiflora* have physical dormancy, which prevents the absorption or imbibition of water (Azevêdo et al., 2012). In the wild, physical dormancy is overcome by environmental temperature variation, action of microbial agents or by animal ingestion (Camargo-Ricalde and Grether, 1998). The seeds of *M. tenuiflora*, which are dispersed in the dry season, are submitted to conditions to overcome dormancy until the beginning of the rainy season, when they can imbibe water to germinate (Camargo-Ricalde and Grether, 1998). Water imbibition can be interrupted due to Caatinga climatic conditions, causing seeds to undergo HD cycles (Meiado et al., 2012).

*Mimosa tenuiflora* is resistant to water stress during seed germination, which partially explains its distribution in semi-arid areas in Brazil (Bakke et al., 2006). According to Azevêdo et al. (2012), *M. tenuiflora* seedlings are able to develop in degraded soils due to their rusticity. In addition, this species presents rapid growth, being an important species for reforestation of degraded areas (Queiroz, 2009). Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of HD cycles on germination and initial development of *M. tenuiflora* seedlings, verifying

<sup>\*</sup> Corresponding author at: Laboratory of Seed Physiology, Department of Biosciences, Federal University of Sergipe, Av. Vereador Olímpio Grande, Campus Professor Alberto Carvalho, Bloco D, Itabaiana, SE, Brazil.

E-mail address: [tlayslan@gmail.com](mailto:tlayslan@gmail.com). (A.T. Lima).



the hypothesis that seeds that pass through HD cycles produce more vigorous seedlings.

## 2. Materials and methods

Seeds of *M. tenuiflora* were collected from 20 individuals of the same population established in the Caatinga of the municipality of Barro, State of Ceará, Northeast Brazil. This location has a maximum temperature of 32.5 °C in the dry season and annual rainfall of 896 mm (Climate Data, 2017). After collection, the seeds were stored in a cold room (8 °C) for a period of 6 months.

### 2.1. Hydration and dehydration cycles (HD cycles)

All *M. tenuiflora* seeds used in this study were previously immersed in boiling water (100 °C) for 10 s and then washed in running water at 25 °C to overcome physical dormancy. To establish an imbibition curve, four replicates of 25 seeds were weighed on an analytical balance (to four decimal places) to obtain the initial weight. Subsequently, each replicate was placed in 9 cm diameter Petri dishes containing two layers of filter paper moistened with 8 ml of distilled water at a temperature of 25 °C, where each Petri dish represented a replicate. Then, each replicate was weighed at 60-minute intervals, after being placed to imbibe, until seeds completed the germination process with radicle protrusion. After establishing an imbibition curve for the species, one point in the curve was selected for the hydration treatments corresponding to ½ of phase I.

Seeds were subjected to 0 (control), 1, 2 and 3 HD cycles. Treatments of HD cycles were initiated so that in the last HD cycle all seeds of all treatments were placed to germinate at the same time and were evaluated during the same time period. We used 50 seeds per cycle and each sample was initially weighed (to four decimal places). Seeds were hydrated for 3 h in plastic trays with two layers of filter paper, moistened with distilled water, sealed with clear plastic and kept at room temperature (25 °C). For dehydration, seeds were placed in trays with dry paper and weighed at 1 hour intervals until the seeds returned to their initial weight. Dehydration was also performed at room temperature (25 °C). The dehydration time corresponded to 6 h.

### 2.2. Evaluation of seed germination and initial seedling growth

After the HD cycle treatments, seeds were germinated in plastic pots containing 500 g of soil as substrate. Seeds were buried 2 cm deep and the plastic pots were kept in a greenhouse with daily irrigation according to the field capacity (Santos et al., 2017). Each treatment (0, 1, 2 and 3 HD cycles) was composed of 10 replicates containing five seeds per replicate. The number of germinated seeds per replicate was counted daily during a period of 10 days and the criterion used for this evaluation was seedling emergence. Emergence was defined by the first appearance of a seedling at the soil surface (Forcella et al., 2000).

After 10 days, one seedling in each replicate was selected according to the uniformity of the height and number of leaves (Alcântara et al., 2016). These seedlings were watered daily for a period of two months according to the field capacity (Santos et al., 2017). After this period, we evaluated the stem and root length with a ruler and measured the stem diameter with a digital caliper. In addition, the number of leaves and leaflets of each seedling were counted. The dry weight of leaves, stem and roots was also measured. To determine the dry weight, the leaves, stems and roots were separated with scissors, stored in paper bags and placed to dry in a hot air circulating drying oven at 70 °C for 72 h before weighing. Vigorous seedlings were considered as seedlings with longer lengths and higher biomass weights.

### 2.3. Statistical analyses

To evaluate the effect of HD cycles on seed germination, germinability (%) and the synchronization index ( $E = -\sum f_i \log_2 f_i$ , in which  $f_i$  is

the relative germination [i.e., the proportion of seeds germinated in a time interval]) were calculated in the software GerminaQuant 1.0 (Marques et al., 2015). The time to obtain 50% germination ( $T_{50}$ ) was also calculated ( $T_{50} = t_i + [(N/2 - n_i)(t_j - t_i) / (n_j - n_i)]$ , where  $N$  is the final number of germinating seeds and  $n_j$  and  $n_i$  are the cumulative number of seeds germinated by adjacent counts at times  $t_j$  and  $t_i$ , respectively, when  $n_i < N/2 < n_j$ ) (Farooq et al., 2005). One-way ANOVA was used to analyze statistical differences among parameters. All analyses were performed in STATISTICA 13 with  $\alpha = 5\%$  (StatSoft, 2017).

## 3. Results

$T_{50}$  was significantly influenced by hydration and dehydration treatments ( $F = 7.9148$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.0035$ ). There was a reduction of approximately 50% of  $T_{50}$  values after the seeds were submitted to 1, 2 and 3 HD cycles. However, the germinability of *M. tenuiflora* seeds between the control ( $78.0 \pm 17.5\%$ ), 1 cycle ( $72.0 \pm 26.9\%$ ), 2 cycles ( $64.0 \pm 22.7\%$ ) and 3 cycles of hydration and dehydration treatments ( $60.0 \pm 26.6\%$ ) did not differ statistically ( $F = 1.1493$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.3424$ ). Besides this parameter, synchronization of germination was also not influenced by the discontinuous hydration ( $F = 1.0228$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.3939$ ).

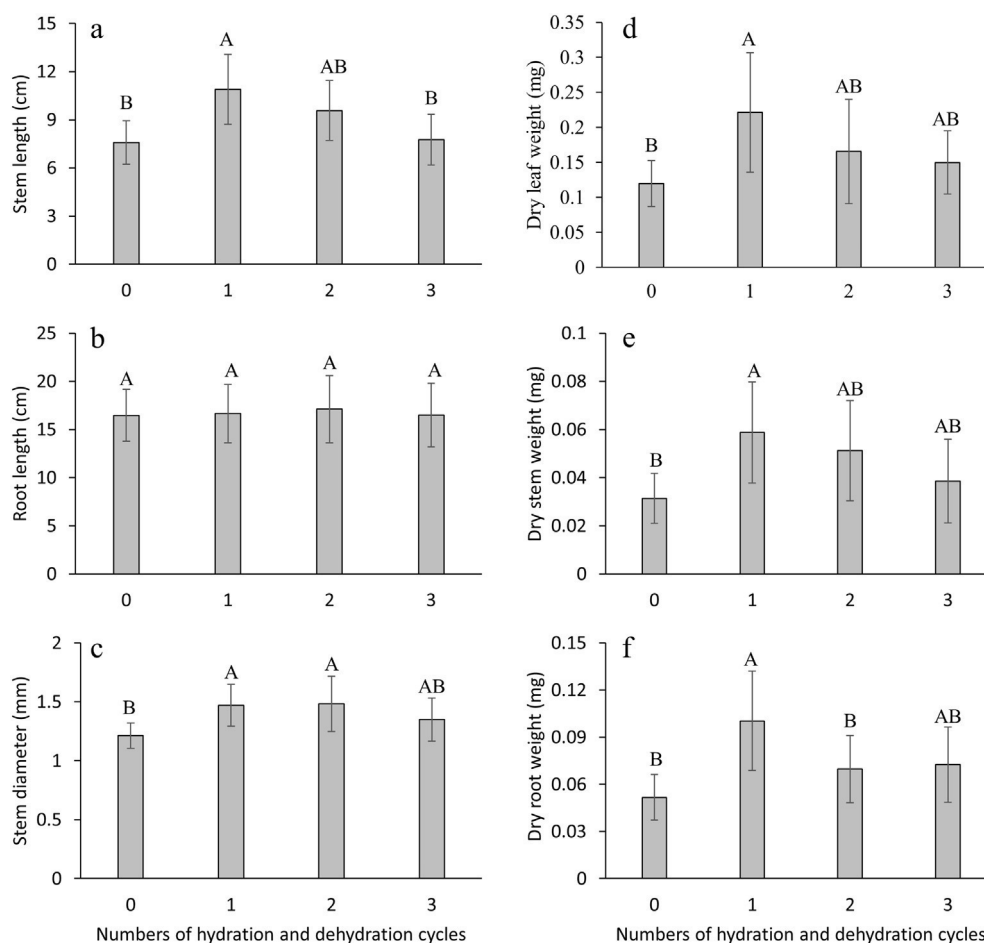
Seedlings of *M. tenuiflora* produced from the seeds that were submitted to HD cycles presented significant differences in some of the initial growth parameters evaluated. In comparison with the control, seeds that had undergone one HD cycle produced seedlings with longer stems ( $F = 7.019$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.0003$ ) (Fig. 1a), wider diameter of the stem ( $F = 4.828$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.0063$ ) (Fig. 1c), and higher dry leaf weight ( $F = 4.52$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.008$ ) (Fig. 1d), dry stem weight ( $F = 4.7$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.007$ ) (Fig. 1e) and dry root weight ( $F = 7.2$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.0006$ ) (Fig. 1f). On the other hand, we observed that the HD cycles to which the seeds of *M. tenuiflora* were submitted did not influence the root length of the seedlings of this species ( $F = 0.086$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.9674$ , Fig. 1b). In addition, the HD cycles did not influence the number of leaves ( $F = 1.248$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.3068$ ) and leaflets ( $F = 1.738$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.1765$ ) of the seedlings.

## 4. Discussion

Seeds of species that germinate and grow in arid and semi-arid ecosystems are subject to passage through HD cycles, since the availability of water in these environments presents a spatio-temporal limitation (Meiado, 2013). As seen in the present study, seeds of *M. tenuiflora* that underwent HD cycles did not present any change in their germinability. However, seeds that passed through HD cycles produced more vigorous seedlings with greater stem length and stem diameter, as well as greater dry weight of leaves, stem and roots, corroborating the hypothesis that seeds that pass through HD cycles produce more vigorous seedlings.

Santini et al. (2017) showed that seeds of *Echinocereus engelmannii* (Parry ex Engelm.) Lem. (Cactaceae) also did not change their germinability after the HD cycles. However, studies by Dubrovsky (1996) with *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum (Cactaceae) seedlings demonstrated that discontinuous hydration during the seed imbibition process also favors the seedling establishment of this species. Silva et al. (2012) also demonstrated that previous hydration promotes the production of more vigorous seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). Soeda et al. (2005) emphasized that the benefits of discontinuous hydration are related to the activity of antioxidant enzymes and to the improvement of the germinative metabolism. Thus, the reduction of the germination time in *M. tenuiflora* seeds may be explained by the improvement of the germinative metabolism after the HD cycle treatments.

Discontinuous water availability events during the seed imbibition process may produce the seed hydration memory phenomenon, where seedlings originating from seeds submitted to HD cycles present greater vigor in comparison to seedlings originating from seeds that have continuous hydration. Thus, the seed hydration memory on



**Fig. 1.** Results of the initial developmental parameters evaluated in *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae) seedlings produced from seeds that were submitted to hydration and dehydration cycles. Ten seedlings were evaluated per treatment after two months of development. a: Stem length. b: Root length. c: Stem diameter. d: Dry leaf weight. e: Dry stem weight. f: Dry root dry weight. Data are expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Capital letters compare the statistical results in each parameter.

*M. tenuiflora* has important ecological implications for the species and for the ecosystem. This phenomenon can provide competitive advantages for these seedlings in relation to seedlings of the same species that were produced by seeds that did not undergo HD cycles. These advantages are related to the best use of the availability of resources necessary for its development. López-Urrutia et al. (2014) pointed out that this response to HD cycles is an important mechanism for arid and semi-arid species to withstand adverse conditions while competing for limited resources.

Shivanna (2016) pointed out that the ability to withstand HD cycles is an important ecological adaptation to maximize seedling establishment under arid and semi-arid environments. Studies with *Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. ex Griffiths (Poaceae) by Sala and Lauenroth (1982) have shown that small rainfall events have a significant effect on the wide distribution of this species. Thus, the presence of seed hydration memory in *M. tenuiflora* can also explain the wide distribution of this species in the semi-arid ecosystems of Northeast Brazil.

Therefore, we conclude that HD cycles, which occur naturally in seeds in arid and semi-arid ecosystems, do not alter the germinability of *M. tenuiflora* seeds. However, they may produce the seed hydration memory phenomenon. The production of more vigorous seedlings as a result of this phenomenon can lead to ecological implications, since these seedlings present competitive advantages in relation to seedlings that were produced from seeds that did not undergo HD cycles. In addition, HD cycles can also be applied in the production of more vigorous *M. tenuiflora* seedlings for use in the recovery of degraded areas in Caatinga.

## Acknowledgements

We thank the Nucleus of Ecology and Environmental Monitoring of the Federal University of the San Francisco Valley for the seeds used in this study.

## References

- Alcântara, R.N., Mendonça, A.M.C., Cruz, F.N., Silva-Junior, C.D., Silva, E.C., 2016. Physiological performance of *Hancornia speciosa* Gomes seedlings under different watering conditions: growth and chlorophyll a fluorescence. *Gaia Scientia* 10, 541–556.
- Azevêdo, S.M.A., Bakke, I.A., Bakke, O.A., Freire, A.L.O., 2012. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga. *Engenharia Ambiental* 9, 150–160.
- Bakke, I.A., Freire, A.L.O., Bakke, O.A., Andrade, A.P., Bruno, R.L.A., 2006. Water and sodium chloride effects on *Mimosa Tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. *Revista Caatinga* 19, 261–267.
- Barbosa, H.A., Kumar, T.V.L., 2016. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments* 124, 377–387.
- Camargo-Ricalde, S.L., Grether, R., 1998. Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical* 46, 543–554.
- Climate Data, 2017. Dados Climáticos para cidades mundiais. <https://pt.climate-data.org/>. Accessed date: 8 September 2017.
- Dubrovsky, J.G., 1996. Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany* 83, 624–632.
- Dubrovsky, J.G., 1998. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the sonoran desert. *Journal of the Torrey Botanical Society* 125, 33–39.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Ahmad, N., Hafeez, K., 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. *Journal of Integrative Plant Biology* 47, 187–193.
- Forcella, F., Arnold, L.B.R., Sanchez, R., Ghera, C.M., 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research* 67, 123–139.

- Lima, A.T., Meiado, M.V., 2017. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research* 27, 292–302.
- López-Urrutia, E., Martínez-García, M., Monsalvo-Reyes, A., Salazar-Rojas, V., Montoya, R., Campos, J.E., 2014. Differential RNA- and protein-expression profiles of cactus seeds capable of hydration memory. *Seed Science Research* 24, 91–99.
- Marques, F.R.F., Meiado, M.V., Castro, N.M.C.R., Campos, M.L.O., Mendes, K.R., Santos, O.O., Pompelli, M.F., 2015. GerminaQuant: a new tool for germination measurements. *Journal of Seed Science* 37, 248–255.
- Meiado, M.V., 2013. Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. (Orgs.). In: Stelmann, J.R., Isaias, R.M.S., Modolo, L.V., Vale, F.H.A., Salino, A. (Eds.), *Anais do 64º Congresso Nacional de Botânica: Botânica Sempre Viva*. Sociedade Botânica do Brasil, Belo Horizonte, pp. 89–94.
- Meiado, M.V., Silva, F.F.S., Barbosa, D.C.A., Siqueira Filho, J.A., 2012. Diaspores of the caatinga: a review. (Org.). In: Siqueira Filho, J.A. (Ed.), *Flora of the Caatingas of the São Francisco River – Natural History and Conservation*. Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, pp. 306–365.
- Queiroz, L.P., 2009. *Leguminosas da Caatinga*. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- Sala, O.E., Lauenroth, W.K., 1982. Small rainfall events: an ecological role in semiarid regions. *Oecologia* 53, 301–304.
- Santana, J.A.S., Souto, J.S., 2011. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. *Idesia* 29, 87–94.
- Santini, B.A., Rojas-Aréchiga, M., Morales, E.G., 2017. Priming effect on seed germination: is it always positive for cacti species? *Journal of Arid Environments* <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.07.013>.
- Santos, H.R.B., Silva, E.C., Nogueira, R.J.M.C., 2017. Initial growth and compatible solutes concentrations in seedlings of two genotypes of *Psidium araca* Raddi (Myrtaceae) in response to water suppression. *Gaia Scientia* 11, 45–56.
- Santos-Silva, J., Simon, M.F., Tozzi, A.M.G.A., 2015. Revisão taxonômica das espécies de *Mimosa* ser. *Leiocarpae sensu lato* (Leguminosae - Mimosoideae). *Rodriguésia* 66, 95–154.
- Shivanna, K.R., 2016. Germination Strategies of Seeds of *Cassia auriculata*, a perennial weed species of arid and semiarid regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences* <https://doi.org/10.1007/s40011-016-0784-1>.
- Silva, N.B., Morais, C.S.B., Rossetto, C.A.V., 2012. Hidratação controlada de sementes de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica* 43, 589–597.
- Soeda, Y., Konings, M.C.J.M., Vorst, O., Houwelingen, A.M.M.L., Stoopen, G.M., Maliepaard, C.A., Kodde, J., Bino, R.J., Groot, S.P.C., Geest, A.H.M., 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiology* 137:354–368. <https://doi.org/10.1104/pp.104.051664>.
- StatSoft, 2017. STATISTICA 13. 2016. StatSoft South America <http://www.statsoft.com.br>. Accessed date: 8 October 2017.
- Wilson, T.B., Witkowski, E.T.F., 1998. Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savana woody plant species. *Journal of Arid Environments* 38, 541–550.